G 4460 FX

Populäre Elektronik

September/Oktober 1977

DM 3,–
ös 25,–/sfr 3,50/lfr 52,–

7

TTL-Trainer

- Basisbreite in Modultechnik
- Wie funktioniert das? Spezielle Dioden
- Die POPULÄRE ECKE
- Signal-Tracer Teil 2



Experiment 4
Flip-Flop

Populäre Elektronik



2. Jahrgang Nr. 5, September/Oktober 1977 — Populäre Elektronik erscheint ab Januar 1978 monatlich

Redaktion:
J. Kattekamp
W. Leiner
J. Pas
J. Verstraten
J. Palmen

Ständige freie Mitarbeiter:
W. Back
W.F. Jacobi

Redaktionsanschrift:
Postfach 1366, 5063 Overath

Verlags- und Anzeigenleiter:
H. Krott

Verlag und Anzeigenverwaltung:
Postfach 1366, 5063 Overath,
Tel.: (02206) 4242
Es gilt Anzeigenpreisliste Nr. 3

ISSN 0342-2437





Printed in Germany by
Imprimé en Allemange par
Locher KG
5000 Köln 30
Tel. 0221/514277

Vertrieb: IPV Inland Presse Vertrieb GmbH
Wendenstraße 27-29
2000 Hamburg 1
Tel.: (040) 24861
Telex: 2162 401

Geschäftszeiten:
Montag-Freitag 8.30-12.00 und 12.30-17.00 Uhr.

Bezugspreise:
Einzelheft DM 3,–
Kalenderjahresabonnement 1978: DM 28,80 (12 Hefte)
Abonnement ab Heft 8 einschließlich 1978 (Jan-Dez): DM 31,30 (13 Hefte)
Kündigung des Jahresabonnements zum Jahresende ist jederzeit möglich (keine Kündigungsfrist)

Konten:
Deutsche Bank AG, Bensberg
Nr. 655-3317
Kreissparkasse Overath-Heiligenhaus, Nr. 390/001227
Postscheckkonto Köln
29 57 90 - 507

Abonnementverwaltungen und Belieferung des Elektronik-Fachhandels im Ausland:

Österreich:
Messner Ges.mbH,
Liebhartsgasse 1,
1160 Wien,
Tel.: 0222/925488, 951265

Schweiz:
SMS,
Köllikerstraße 121,
5014 Gretzenbach,
Tel.: 064/414155

Inhalt

Zu den Neuerungen ab dieser Ausgabe 11
TTL-Trainer 12
Die Populäre Ecke: Laßt Kohlen sprechen 35
Wie funktioniert das? Spezielle Dioden 38
Basisbreite-Einsteller in Modultechnik 46
C's messen? 62
MIKRO-4.1 66
Signal-Tracer , Teil 2 72
Hitparade 88
Inserentenverzeichnis 94

Im nächsten Heft

Superspannungsquelle: Null bis 28 Volt, 1,5 Ampere, einstellbare Strombegrenzung ab 50 Milli-Ampere

Außerdem geplant:
Mini-Uhr mit Maxi-Display
Wie funktioniert das? — Operationsverstärker

1-Kanal-Modul, 1000 W, 220 V . . . . a **DM 6,90**
ab 10 Stück . . . . a **DM 5,80**
Mikrofonlichtorgel, 3x 1000 W, 220 V, 3 Kanäle,
Bausatz . . . . **DM 39,50**
Passendes Gehäuse . . . . **DM 9,50**
Fertigbaustein . . . . **DM 49,20**
Pausenkanal, 1000 W, f. samtl. Lichtorgeln, Bs. **DM 12,95**
RC-Tongenerator, 35 Hz-40 kHz, Sinus 0,8% Klirrfaktor
Bausatz . . . **DM 23,50** Passendes Gehäuse . . . **DM 8,90**
Netzteil für RC-TG, Bausatz . . . . **DM 8,15**
TCA 730/740, Klangregelteil mit IC von Valvo, kompletter Bausatz mit Potentiometer, Stereoausführung . . **DM 39,95**

Elektorglocke, 8 verschiedene Töne, Bausatz . . **DM 29,95**
10-Kanal-Lauflicht, 10x 500 W, 220 V, Bausatz **DM 52,50**
Passendes Gehäuse . . . . **DM 9,50**
15-W-Hi-Fi-Endstufe, 15 Hz-80 kHz, 0,1% Klirrf. **DM 27,50**
Netzgerät, 0-22 V stufenlos regelbar, max. 2 A,
Bausatz . . . . **DM 18,95**
Passender Netztrafo, 24 V, 1,7 A . . . . **DM 13,95**
Halbleiter-Vergleichsliste, 13 000 Halbleiter . . **DM 4,95**
Lichtschranke mit Relais, 1200 W belasbar, Bs. **DM 9,95**
Elektron. Würfel, mit roten LED-Anzeigen, Bs. . **DM 9,80**
Passendes Gehäuse für Würfel . . . . **DM 5,20**
3fach-Sirene, auf- u. abschwellender Sirenetion, Impulston, Dauerton, mit Endstufe, Bausatz . . . . . . **DM 12,95**
Sensor-Tip-Schalter mit Relais, zum Ein-/Ausschalten von Geräten, Schaltleistung max. 2600 W, 220 V, Bs **DM 12,55**
Telefonverstärker, Fertiggerät . . . . **DM 24,95**
Elektronischer Nachhall, in jedes Gerät einbaubar, f. Stereo- u. Monogeräte, Hall regelbar, Bausatz . . . . **DM 23,95**
Hallspirale RE-4 DM 15,00 **Hallspirale RE-6** **DM 11,50**
Elektronischer Lesley, Bausatz . . . . **DM 23,95**

Elektronischer Luftpumpe, max. 12 atü, für 12-V-Autoansch. . . . . **DM 35,95**
309 K Netzteil für TTL-Stromversorgung, Ausg. 5 V 1 A, Bausatz . . . . **DM 16,95**
Passender Netztrafo für Netzteil 309 K . . . . **DM 12,85**
Funkschalter zur drahtlosen Fernsteuerung, ca. 80 m Reichweite, 220-V-Netzteil eingebaut, mit sender, kpl. **DM 89,50**
Transistorzündung, 12 V, für Pkw sämtlicher Fabrikate, Bausatz . . . . **DM 27,50**
Lichtdimmer, 400 W, zum Unterputzeinbau, betriebsbereit **DM 19,95**

Cu-kasch. HP-Platten, Sortiment ca. 500 qcm . . **DM 2,50**
Cu-kasch. HP-Platten, Sortiment 1 kg . . . . **DM 10,00**
Mini-Zähler, Funkschau, 10 Hz-5 MHz Bausatz **DM 172,00**
Passender Gehäusebausatz für Mini-Zähler . . . . **DM 24,90**
Sinclair-Multimeter DM 2, komplett . . . . **DM 380,00**

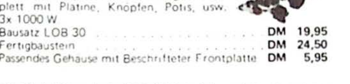
Preisschlager aus Eigenimporten:
Digitaluhr mit 6 Funktionen, Edelstahlarmband, verstellbar, Schnellverschluß, 1/2 Jahr Garantie. Stunden, Minuten, Sekunden, Tag, Monat, Datum,
DG-Uhr . . . . **DM 49,00**
ab 3 Stück . . . . a **DM 45,00**
Digitallichtorgel, 3 Kanäle, Bs. **DM 59,00**
Digitallichtorgel, 3 Kanäle, Bst. **DM 74,00**
Digitallichtorgel, 4 Kanäle, 4x 1000 W, Bausatz . . . . **DM 64,95**
Digitallichtorgel, 4 Kanäle, 4x 1000 W, Fertigbaustein . . . . **DM 79,00**

LIGHT 2000 das Lichtsteuergerät der Superlative. Das 4kanalige Gerät hat pro Kanal eine Belastbarkeit von 2000 Watt, 4 Triacs auf Fingerkühlkörper. Auf die Grundplatte werden 5 Baugruppen (Module) mit Steckerleisten aufmontiert. Das Light 2000 bietet folgende Möglichkeiten: a) analoge Lichtorgel (frequenzselektiv), b) 4-Kanal-Digitallichtorgel, c) 4-Kanal-Lauflicht mit Hellsteuerung oder Dunkelsteuerung, d) 4-Kanal-Lauflicht mit Musikansteuerung, e) sämtliche oben aufgeführten Variationen können gedimmert werden. Das Light 2000 arbeitet mit Nullpunktsteuerung. Dadurch ist ein vollkommen Störungsfreier Betrieb möglich. Das ideale Gerät für Musiker und Diskotheken, 13seitige Beschreibung. Best. 22 IC, 10 Transistoren, 4 Triacs, 3 Regler, 1 Tastensatz.
Bausatz LIGHT 2000 . . . . **DM 198,00**
Fertigbaustein . . . . **DM 239,00**
Platinensatz (6 Stück) mit 13seitiger ausführlicher Beschreibung mit Bauanleitung Oszillogrammen, usw. . . **DM 28,00**
Fertiggerät LIGHT 2000 im Profilgehäuse, Kunstleder mit 4 Doppelsteckdosen, Frontpl. (Aluminium, schw.) **DM 598,00**

Lichtschweller, Frequenz von 0,3-5 Hz stufenlos einstellbar. Die Lichtintensität geht von Dunkel bis volle Helligkeit. Das Licht blinkt also nicht, sondern schwillt langsam an und wieder aus. Die Frequenz dieses Vorganges läßt sich mit einem Potentiometer einstellen. Am Ausgang kann man 220-V-Lampen, max. 1000 W anschließen. Steuerung durch Triac. Bausatz Lichtschweller . . . . **DM 22,50**

LO 42, 4-Kanal-Digitallichtorgel mit Selbststeuerung, Pauselicht, 3 Regler für Empfindlichkeit, Lauflichtgeschindigkeit und Umschaltung Digit-Duallauflicht. Bei Mittelstellung ergibt sich die Variante Lauflicht mit Musikansteuerung. Triacsteuerung, pro Kanal 1000 W Spitze belastbar, mit Netzteil, Knöpfen, usw.
Bausatz LO 42, 4 Kanal . . . . **DM 76,00**
Fertigbaustein LO 42 . . . . **DM 89,00**
Passendes Gehäuse . . . . **DM 9,50**
Fertiggerät LO 42 . . . . **DM 169,00**

LOB 14, 3-Kanal-Lichtorgel, frequenzselektiv, 4 Regler (3 Kanalregler, 1 Vorregler). Sicherung mit Achsen und Knöpfen. Spezial-NF-Übertrager, dadurch spricht diese Lichtorgel bei kleiner Lautstärke voll an. Platine 20 x 5,5 cm. Leistung 3x 1000 W, 220 V
Bausatz LOB 14 . . . . **DM 22,95**
Fertigbaustein LOB 14
Passendes Gehäuse mit Frontplatte . . . . **DM 9,50**
Betriebsbereites Gehäuse mit LOB 14 . . . . . . **DM 34,50**



NEU: LOB 30 Mini, 3-Kanal-Lichtorgel wie LOB 14, jedoch ohne Vorregler, komplett mit Platine, Knöpfen, Potis, usw. 3x 1000 W
Bausatz LOB 30 . . . . **DM 19,95**
Fertigbaustein . . . . **DM 24,50**
Passendes Gehäuse mit Beschrifteter Frontplatte **DM 5,95**

LO 77: Lichtorgel wie LOB 14, jedoch komplett mit gestanztem Gehäuse für 3 Einbausteckdosen, NF-Buchse, Netz-

20 W Edwin mit Klangregelteil, 20 W sin., 20 Hz-20 kHz, 0,5% Klirrfaktor, Höhen-Tiefenregelung + 18 dB.
Bausatz 20 W Edwin mit Potis Mono . . . . **DM 29,75**
Bausatz 20 W Edwin mit Potis Stereo . . . . . . **DM 59,50**
Fertigbaustein 20 W Edwin mit Potis . . . . **DM 39,95**
Netzteil Mono und Stereo . . . . **DM 22,50**
Stereoentzerrer für 20 W Edwin . . . . **DM 14,90**

30-W-HiFi-Endstufe TE 30
Hi-Fi-30-W-Sinus-Endstufe, 20 bis 20 kHz, 0,8%, 1 V/50 K, Betriebssp. 30-40 V, 7 Halbleitern, NTC usw.
Bausatz TE 30 . . . **DM 29,85**
2 Stück . . . . **DM 55,00**
Mononetzteil . . . . **DM 22,50**
Stereonetzteil . . . **DM 28,50**

40-W-Edwin-Endstufe, 1000fach bewährt, kurzschlußfest, keine Ruhestromeinstellung, 25 Hz-1,2 MHz, 0,1% Klirrfaktor, 1V/50 kOhm, Betriebsspannung 42 V.
Bausatz 40 W Edwin . . . . **DM 39,50**
2 Stück . . . . **DM 77,00**
Mononetzteil . . . . **DM 34,50**
Stereonetzteil . . . . **DM 45,50**

100-W-EQUA-Verstärker, 20 Hz-60 kHz, Klirrfaktor kleiner 0,07%!, dauerkurzschlußsicher, Betriebsspannung 60-80 V, 14 Halbleiter, Hochleistungskühlkörper, U eing. 0,5 V.
100-W-Endstufe, Bausatz . . . . **DM 55,00**
Fertigbaustein EQUA 100, geprüft . . . . **DM 88,00**
Mononetzteil **DM 52,00** Stereonetzteil **DM 74,00**

Hochwertiger Stereo-Verstärker 100
Stereo-Vorverstärker für sämtliche Endstufen geeignet. 4 Umschaltbare Eingänge für Tonband, Tuner magn., Plattenspieler, frei. Lautstärke-, Höhen-, Tiefen-, Balanceregler u. Drucktasten auf der Platine. Höhen-Tiefenregelung + 20 dB, 15 bis 70 kHz, 25-60 V

Bausatz Vorverstärker 100 mit Potis und Tasten **DM 59,50**



Klangfilterplatine KBK
4 Tasten für Rausch-Rumpel-Sprache. Basisbreite, Poti für Basisbreite, mit Kopfhörerausg., 14 Halbleiter.
Bausatz KBK . **DM 33,95**

-Verlagsanzeige-

DER ABO-TIP

Aus der Praxis für die Praxis: Irgendwer hat irgendwann eine Idee, wie man als Hobby-Elektroniker mit einem kleinen Trick Arbeit oder Material sparen kann, etwas besser oder schneller machen kann usw.

Meist handelt es sich um Kleinigkeiten, die angeblich "nicht der Rede wert" sind.

P.E. meint: Eine Tipkiste ist eine Trickkiste. P.E. macht die Kiste auf. Und holt in der Tip-Rubrik einen nach dem anderen heraus.

Hier gleich der nächste Tip:

P.E.-Abonnent werden! Dann füllt sich Ihre Trickkiste von selbst.

Das P.E.-Abonnement

kann jederzeit beginnen. Schicken Sie die eingeheftete Bestellkarte oder eine Postkarte an:

DERPE-Verlag
Postfach 1366
5063 Overath

Sie erhalten dann von uns eine Zahlungsaufforderung.

Das Abonnement 77/78 kostet ab Heft 8/77 DM 31,30 (13 Hefte) incl. Porto und Nebenkosten. Bei der Abo-Bestellung können Sie die bereits erschienenen Hefte 1 bis 7 zu je DM 2,50 nachbestellen (Heft-Nr. angeben).





Zu den Neuerungen ab dieser Ausgabe

Es scheint nicht gerade üblich zu sein, in einer Zeitschrift über die Dinge zu schreiben, die mit der Herstellung der Zeitschrift zu tun haben, dem Leser - gegebenen Anlaß vorausgesetzt - einen Blick hinter die Kulissen zu ermöglichen. Dabei ist kaum einzusehen, warum herstellungsbedingte Neuerungen und Änderungen nicht auch als solche angekündigt werden, zumal dann nicht, wenn man (wie P.E.) ein technisch interessiertes Leserpublikum hat.

Auf der Rückseite dieser Ausgabe (Druckerdeutsch: Umschlag 4), neben dem Beanschriftungsfeld für die Zustellung, finden Sie einen Farbcode für Widerstände. Die Post schreibt die Abmessungen des Beanschriftungsfeldes zwingend vor, und das kleine Feld daneben ist sozusagen ein Abfallprodukt. Was macht man damit?

Vor- und Rückseite des Umschlags werden gleichzeitig gedruckt, daher ist für Farben auf der Rückseite kein zusätzlicher Druckgang erforderlich, wenn die Vorseite sowieso vierfarbig ist. Es war also naheliegend, in dem freien Raum den immer wieder benötigten Farbcode unterzubringen.

Ab dieser Ausgabe haben Sie daher den Farbcode immer schnell zur Hand. Daß dabei allerdings die Toleranzfarben Gold (5%) und Silber (10%) im Druck nicht stimmen, ist ebenfalls herstellungsbedingt: Diese Farben lassen sich nicht aus dem Vierfarbsatz zusammenstellen, sondern erfordern zusätzliche Druckgänge und somit einen nicht vertretbaren Aufwand.

Im Zusammenhang mit der Druckqualität noch eine "Neuerung". Die Fotos in den Baubeschreibungen waren bisher in ihrer Qualität recht unterschiedlich. Da sie überwiegend nicht zur Verzierung dienen, sondern wichtige Details der Bestückung und Montage zeigen sollen, wurde bei der vorliegenden Ausgabe die Druckplattenherstellung auf ein anderes Verfahren umgestellt. Das Ergebnis der Umstellung liegt Ihnen vor - bei der Niederschrift dieses Vorworts herrscht naturgemäß noch Ungewißheit.

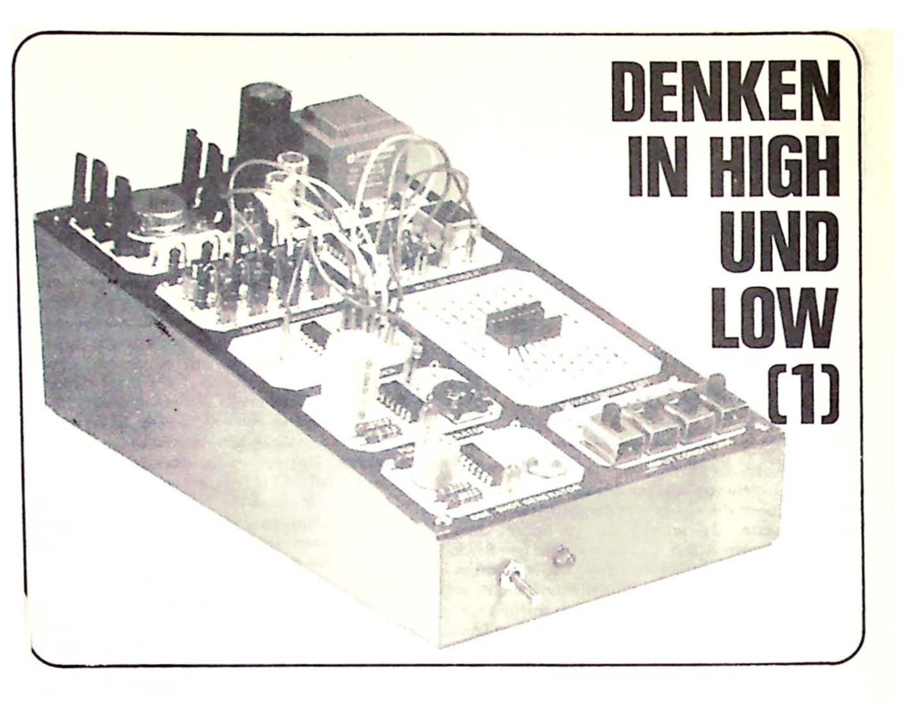
Zu den inhaltlichen Neuerungen.

Die vom P.E.-Labor entwickelten Geräte werden auch von einer Schwesterzeitschrift in den Niederlanden publiziert. Sofern ein Beitrag dort früher erscheint, können die "Auslandserfahrungen" in P.E. mitverwertet werden - ein Vorteil, dessen Bedeutung insbesondere für die Nachbausicherheit der Geräte nicht unterschätzt werden sollte. Der TTL-Trainer ist in diesem Zusammenhang für eine weitere, allerdings vorübergehende "Neuerung" verantwortlich: Diese Ausgabe enthält keinen Hit, jedenfalls keinen aus der Hitparade, außerdem fehlen einige zunächst eingeplante Beiträge, wie das Feedback. Der (umfangreiche) TTL-Trainer wurde vorgezogen, weil er sich in unserem Nachbarland als bisher beliebteste Schaltung erwiesen hat. Diesen offenbar sehr gelungenen (Ent-)Wurf wollten wir Ihnen nicht vorenthalten.

In der nächsten Ausgabe geht es in der Hitparade weiter, und zwar endlich mit dem Hit Nr. 1, der "Superspannungsquelle". Sie wurde von Grund auf neu entwickelt, ihre Daten sind im Durchschnitt etwas verbessert: Null (!) bis 28 Volt, 1,5 Ampere.

Eine weitere Neuerung: Es besteht ein großes Kommunikationsbedürfnis unter den Freizeitelektronikern. Dies zeigen Anzeigen wie "Elektronik-Fan sucht Gleichgesinnte" und ähnliche Formulierungen. Trotz ständig wachsender Anzahl wird es aber kaum soweit kommen, daß sich die Gleichgesinnten mit nennenswerter Frequenz über den Weg laufen. Und woran soll man sich erkennen? Etwa an Manschettenknöpfen, die aus Leistungtransistoren von Typ 2 N 3055 gebastelt werden? Oder an einer blinkenden LED im Knopfloch? Deshalb können Sie demnächst eine Privatanzeige aufgeben (bitte beachten Sie in diesem Zusammenhang den Anzeigenteil).

Schließlich die "Populäre Ecke". Hier geben wir einem als Fachredakteur erfahrenen und als Fernsehmoderator (Hobbythek) bekannten Kollegen Gelegenheit, zeitgemäße oder nostalgische, heitere oder ernste, nützliche oder kritische, in jedem Fall aber interessante Themen, Ein- oder Zwischenfälle aus dem Bereich der Elektronik los zu werden. Das "Back"-Pulver, das auf diesen Seiten verschossen wird, soll die doch recht trokkene Materie "Elektronik" ein wenig auflockern.



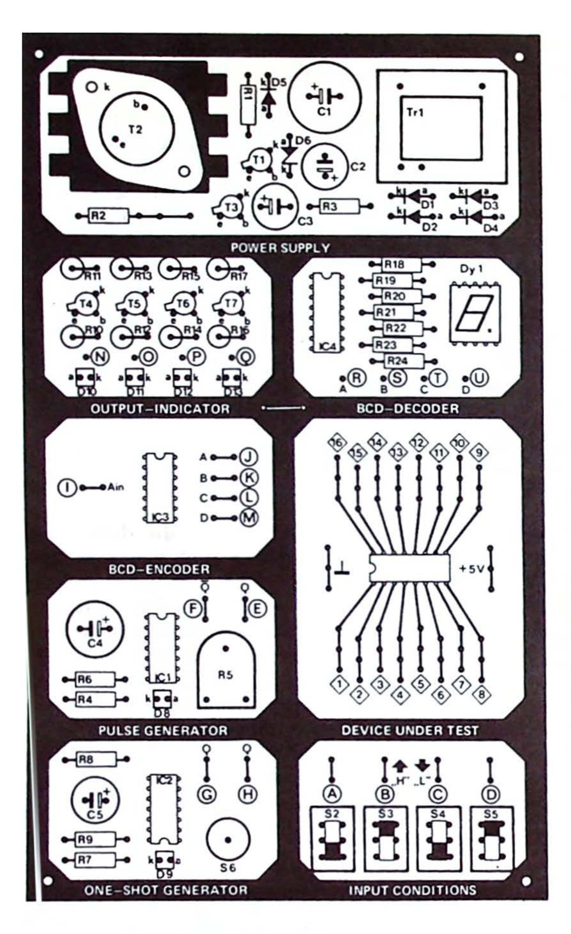
DENKEN IN HIGH UND LOW (1)

Nachdem vor rund zwanzig Jahren der Transistor zum Symbol der neuen, die Elektronik revolutionierenden Halbleitertechnologie wurde, kam es vor rund zehn Jahren zu einer weiteren Revolution, für die ebenfalls die Halbleitertechnologie den (siliziumhaltigen) Boden bereitete: die Digitaltechnik. Diese Technik äußert sich nicht nur in Schaltungskonzepten (Digitalschal-

DER TTL-

tungen, digitale ICs) und in mehr oder weniger umfangreichen Schaltungskomplexen (Computer), sondern auch und gerade in einer neuen Art zu denken: dem Denken in High und Low.
Dem Freizeit-Elektroniker bietet die Digitaltechnik nicht nur eine thematische Erweiterung der zum Nachbau geeigneten Schaltungen und Geräte, sondern etwas wesentlich Neues; war es vor der Einführung der Digitaltechnik noch so, daß man ohne halbwegs professionelle Kentnisse der Schaltungsgrundlagen nur vorgekaute Entwürfe aus Zeitschriften und Büchern nachbauen konnte, ist es heute jedem möglich, eigene Ideen in die Praxis umzusetzen. Die digitale Elektronik ist abstrakt-logisch, und jeder, der logisch denken kann, ist in der Lage, Digitalbausteine sinnvoll so zusammenzuschalten, daß ein Gerät mit bestimmten Funktionen entsteht. Diese Geräte funktionieren fast immer auf Anhieb, weil eine Menge Probleme entfallen, mit denen man sich bei Analogschaltungen regelmäßig herumschlagen muß. Temperatureinflüsse: stören Digitalschaltungen nicht. Speisespannungsschwankungen: werden von digitalen ICs nicht zur Kenntnis genommen. Wildes Schwingen: noch nie gehört.
Kein Wunder also, daß die Fachzeitschriften in jener Zeit, als die Digitaltechnik aufkam, auf die Grundlagen und Anwendungen der neuen Technik ausführlich eingingen.
Inzwischen sind viele Jahre vergangen, und man zählt bereits die dritte und vierte Generation digitaler ICs. In derselben Zeit sind aber auch zehntausende Newcomer der Gilde der Freizeitelektroniker beigetreten, die jetzt schwer zu kämpfen haben, wenn sie eine Fachzeitschrift aufschlagen und mit den Dreiecken, Rechtecken und den komischen halben Stadien konfrontiert werden, die alle eine bestimmte, mehr oder weniger komplizierte digitale Funktion haben. Für alle, die damals aus irgendwelchen Gründen den Anschluß verpaßt haben, läßt P.E. den Zug nochmals abfahren. Die erste Station ist der TTL-Trainer, ein im Nachbau einfaches Experimentiergerät, mit dem man die Funktionen der verschiedenen ICs ausprobieren kann, das aber gleichzeitig auch die digitalen Funktionen im Zusammenwirken zeigt. Der TTL-Trainer ist ein idealer Begleiter auf der 'Entdeckungsreise' in die Welt des High und Low.

TRAINER



Der Print des TTL-Trainers ist nicht nur Schaltungsträger, sondern nimmt auch alle Bedienungselemente auf sowie das IC, mit dem experimentiert wird. In dieser letzten Funktion hat der Print Frontplattencharakter; dies kommt auch im Layout zum Ausdruck (Abbildungsmaßstab ca. 1 : 1,6).

ZUR PHILOSOPHIE DES TTL-TRAINERS

Mit dem TTL-Trainer, so wie er sich nach seiner Fertigstellung präsentiert, kann man zunächst nichts anfangen. Zwar gibt es einige Vorversuche, die man sofort anstellen kann, im Wesentlichen aber geht es um das Zusammenwirken zwischen dem Trainer und einem IC, das in eine Testfassung gesteckt wird.

Das Gerät ist ein Miniatur-Testlabor, das speziell zum Testen von und Experimentieren mit TTL-ICs entwickelt wurde und deshalb auch nur die Schaltungen enthält, die für diesen Zweck erforderlich sind.

Er gibt drei unterschiedliche Funktionsgruppen: Einmal die 5 Volt-Stromversorgung, dann einige Schaltungen, die bestimmte Testspannungen erzeugen, und schließlich einige Einheiten, die zur Anzeige bzw. zur Interpretation der am Ausgang des Test-ICs erscheinenden Spannungen dienen.

Alle Bauteile befinden sich auf nur einem (großen) Print. Dieser ist nicht nur Schaltungsträger, sondern nimmt auch alle Bedienungselemente für die Experimente sowie das Test-IC auf. Daher hat der Print in seinem Layout Frontplattencharakter.

Verwendet man das vorgeschlagene Gehäuse, so bildet der Print die pultförmig abgeschrägte Abdeckung. Der Aufdruck dient als Beschrif-

tung des Gerätes. Damit ist gleichzeitig erklärt, warum der Print des TTL-Trainers so teuer ist: Erstens ist er sehr groß, zweitens vereint er die Funktionen von Schaltungsträger und Frontplatte.

Die Verbindungen zwischen den einzelnen Funktionseinheiten und dem IC, mit dem man experimentieren will, werden nicht gelötet. Auf dem Print sind an allen erforderlichen Stellen Lötstifte vorgesehen. Zur Verbindung von zwei Lötstiften dient ein Kabel, das an jedem Ende einen sogenannten Steckschuh hat. Dieses System wurde in P.E. Nr. 6, unter dem Titel „Uniflex" ausführlich beschrieben. Alle Lötstifte sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Bei den Experimenten, die in den nächsten Ausgaben von P.E. beschrieben werden, dienen diese Buchstaben zur exakten Angabe, welche Lötstifte miteinander zu verbinden sind.

Die Beitragsreihe trägt den Titel: „Denken in High und Low".



DT~A

Die Kupferseite des TTL-Prints in verkleinerten Maßstab. Sechs Lötaugen sind nicht mit Bestückungslöchern versehen; sie dienen zum Anlöten des Netzkabels, der Anschlüsse für die Betriebsanzeige-LED sowie der Drähte des Tasters im Monoflop.

DAS BLOCKBILD DES TTL-TRAINERS

Der TTL-Trainer besteht aus acht Einheiten; jede hat eine bestimmte Funktion.

Eine gemeinsame Stromversorgung speist alle Einheiten, auch das Test-IC. Drei Eingangsblöcke erzeugen verschiedene Spannungen. Der BCD-Encoder erzeugt für einige Experimente bestimmte Impuls- bzw. logische Zustands-Kombinationen; zwei Ausgangsblocks dienen zur Anzeige. Der achte Block schliesslich ist das „Device Under Test", das IC, mit dem experimentiert wird.

Zunächst zu den Funktionen der diversen Blöcke. Das Netzteil, als „Power Supply" bezeichnet, erzeugt die für alle TTL-ICs erforderliche Speisespannung von 5 Volt. Die Spannung ist stabilisiert; das Netzteil kann mit 250 Milliampere belastet werden und ist kurzschlußfest, eine wichtige Bedingung bei Experimentiergeräten.

Der Block „Device Under Test" bedarf keiner näheren Erläuterung, er besteht nämlich nur aus einer IC-Fassung; die 16 Anschlüsse der Fassung können über je drei Lötstifte mit der elektronischen Umgebung Kontakt aufnehmen. Die beiden Pole der

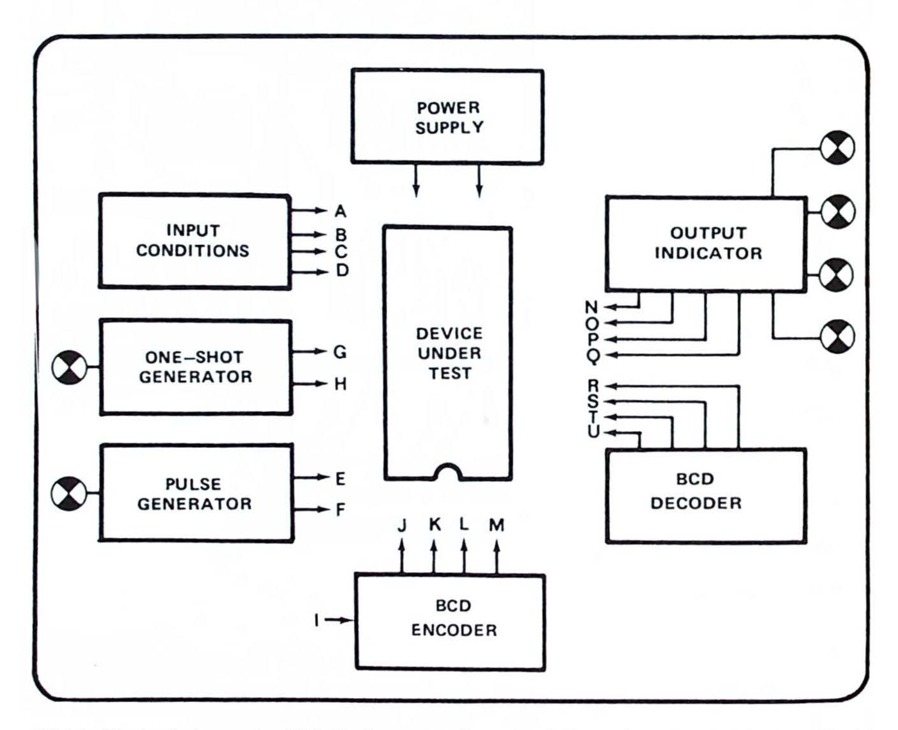
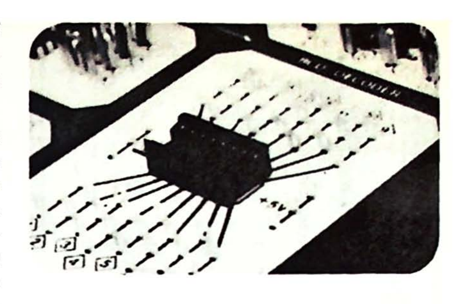


Bild 1. Blockschaltung des TTL-Trainers. Es gibt acht Felder mit unterschiedlichen Funktionen. Der TTL-Trainer ist ein Miniatur-Laboratorium zum Experimentieren mit den Digitalschaltungen der TTL-Technologie.

Speisespannung +5 Volt und Masse, sind auf der Kupferseite des Prints in dieses Feld geführt, mit Lötstiften versehen und durch kurze Steckverbinder erreichbar.

Das Feld „Input Conditions" besteht aus vier Schiebeschaltern. Mit diesen Schaltern kann man die erforderliche Anzahl „Eingangsbedingungen" für das Test-IC herstellen. Der Impulsgenerator (Pulse Generator) erzeugt ununterbrochen Impulse; sie dienen zur Darstellung der Funktion von Zählern oder Decodern. Dieser Block hat zwei Ausgänge. Die erzeugten Impulse sind an beiden Ausgängen identisch, bis auf einen wichtigen Unterschied: Die Spannungen sind zueinander invers. Was damit gemeint ist, wird später erläutert. Die Frequenz, mit der die Impulse an den Ausgängen erscheinen (das ist die Anzahl der in jeder Sekunde erzeugten Impulse), läßt sich mit einem Trimmpoti einstellen.

Die Schaltung enthält eine LED, die jedesmal dann aufleuchtet, wenn am Hauptausgang des Generators ein Impuls erscheint. Der Einstellbereich des Trimmers beträgt 1 Impuls bis ca. 10 Impulse pro Sekunde. Die Frequenz wurde mit Absicht so niedrig gewählt, damit man alle Wirkungen, welche von den Impulsen in anderen Schaltungen erzeugt werden, unmittelbar, also mit bloßem Auge verfolgen kann.
Der „One Shot Generator" ist ebenfalls ein Impulsgenerator, allerdings reagiert er nur auf einen Befehl, und auch dann gibt er nur genau einen Impuls ab. Jedesmal, wenn der in dem Feld enthaltene Taster betätigt wird, erscheint am Ausgang ein Impuls mit der Dauer von ca. 1 Sekunde. Auch dieser Generator enthält einen zweiten Ausgang für das inverse Signal, ebenfalls eine LED; sie leuchtet auf, wenn am Ausgang der Impuls erscheint, und verlöscht bei seinem Verschwinden.
Der „Output Indicator" enthält vier identische Stufen, die über je eine LED anzeigen, ob an den vier Eingängen eine Spannung anliegt. Mit dieser Schaltung kann man also feststellen, ob an den Ausgängen des Test-ICs eine Spannung vorhanden ist, bzw., ob eine solche Spannung infolge eines Steuervorgangs erscheint oder verschwindet.



Die Funktion des BCD/Siebensegment-Decoders ist an dieser Stelle schwierig zu erklären. Kurzgefaßt könnte man die Aufgabe dieser Schaltung so umschreiben: Sie übersetzt bestimmte Kombinationen der Eingangssignale in eine Ziffer zwischen Null und Neun. Dieser Block dient zum Testen von digitalen Zählschaltungen und Dekodern. Später wird hierauf ausführlich eingegangen.
Dasselbe gilt auch für den nächsten Block, den BCD-Encoder. Die Kombinationen seiner Ausgangszustände entsprechen einer Ziffer zwischen Null und Neun. Der Block dient zum Test von Dekodern und Zwischenspeichern.
Soviel zur Aufgabe der acht Felder des TTL-Trainers. Die nächsten Abschnitte zeigen, wie die Felder bestellt sind, bzw. wie sie beim Nachbau zu bestellen sind.

DIE STROMVERSORGUNG

Die Stromversorgung des TTL-Trainers (Bild 2) ist die denkbar einfachste Ausführung eines stabilisierten Netzgerätes mit elektronischer Kurzschlußsicherung. Der Netztransformator - hier wurde eine kleine Ausführung für Printmontage gewählt - hat eine Sekundärspannung von 12 Volt. Als Gleichrichter dienen vier, zu einer Brücke zu-

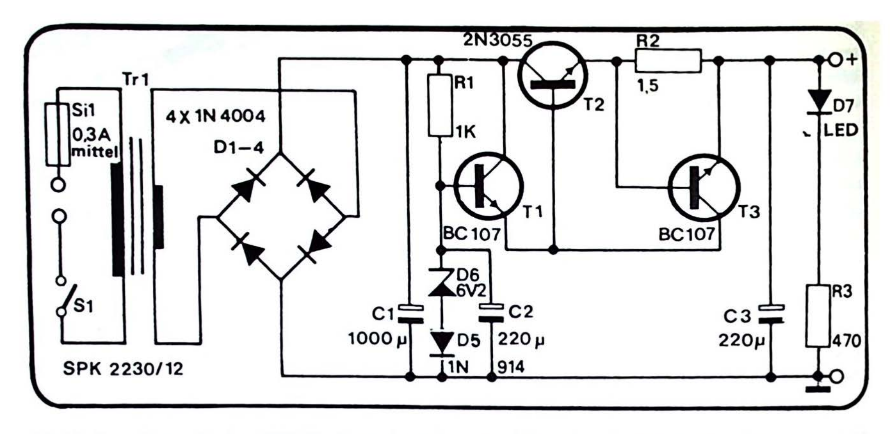


Bild 2. Das Netzteil des TTL-Trainers besteht aus folgenden Baugruppen: dem unstabilisierten Teil mit Netztrafo, Gleichrichter und Ladekondensator C1, einer Referenzspannungsquelle R1, D5 und D6, einer Leistungsstufe mit T1 und T2, einer Kurzschlußsicherung R2, T3 und einer Betriebsanzeige-LED.

sammengeschaltete Dioden.

Mit der Spannung am großen Ladekondensator C1 wird die Stabilisierungsschaltung gespeist. Für den TTL-Trainer muß die Speisespannung stabilisiert sein, denn bei den Experimenten ist der Stromverbrauch recht unterschiedlich. Insbesondere die Anzahl der leuchtenden LEDs bestimmt den Strom. Deshalb wird aus der unstabilisierten Spannung von ca. 15 Volt am Ladekondensator eine unter allen Umständen stabile Spannung von 5 Volt erzeugt. Alle TTL-ICs werden nämlich mit 5 Volt gespeist.

Der Stabilisator besteht aus zwei Funktionseinheiten. Die erste erzeugt eine konstante Referenzspannung von etwas mehr als 6 Volt; die zweite sorgt dafür, daß auch bei großer Belastung die Spannung stabil bleibt, denn die Stromaufnahme von TTL-ICs ist relativ hoch.

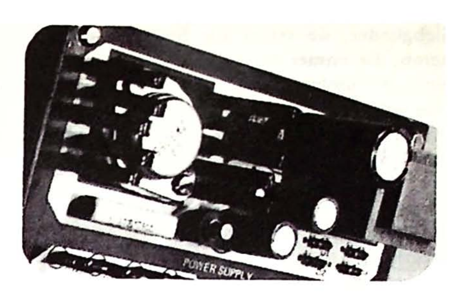
Die Bauelemente R1, D5 und D6 erzeugen die Referenzspannung, sie entsteht an der Zenerdiode und beträgt ca. 6,5 Volt.

Daß die Spannung konstant ist, hängt mit dem physikalischen Verhalten der Zenerdiode zusammen. Die Spannung über den beiden Anschlüssen einer Zenerdiode ändert sich nur wenig, wenn der Strom durch diesen Halbleiter stark variiert. Eine Zenerdiode stört sich also nicht an das Ohmsche Gesetz, weil kein proportionaler Zusammenhang zwischen Strom und Spannung existiert. Die Spannung am Kondensator C1 ist dagegen in starkem Maße abhängig von dem Strom, den man aus der Schaltung zieht. Ohne Belastung des Netzteils kann diese Spannung um die 18 Volt liegen. In dieser Situation fließt ein recht großer Strom durch R1 und die Reihenschaltung der beiden Dioden. An der Zenerdiode beträgt die Spannung jedoch ungeachtet des hohen Stroms 6,2 Volt. Die „normale" Siliziumdiode D5 erhöht die Referenzspannung um ca. 0,7 Volt. Dies ist die Schwellenspannung einer in Flußrichtung betriebenen Siliziumdiode, sie ist ebenfalls innerhalb eines weiten

Bereiches nur geringfügig vom Strom abhängig.
Bei starker Belastung des Netzteils verringert sich die Sekundärspannung des Transformators, so daß die Spannung am Ladekondensator C1 z.B. nur noch 10 Volt beträgt. Auf den Widerstand R1 entfällt jetzt eine Spannung von nur ca. 3,5 Volt (10 Volt - 6,5 Volt), während es vorher, im unbelasteten Zustand des Netzteils, 11,5 Volt waren (18 Volt - 6,5 Volt). Da der Widerstand R1 sehr wohl dem Ohmschen Gesetz gehorcht, ist der Strom, den er bei der angenommenen starken Belastung des Netzteils durch die Diodenreihenschaltung steuert, auf weniger als ein Drittel gefallen. Den beiden Dioden macht dies jedoch dank ihrer physikalischen Eigenschaften nicht viel aus, die Spannung an der Zenerdiode ist kaum geringer geworden; sie ist, darauf kommt es hier an, weitgehend unabhängig von der Belastung des Netzteils.

Damit ist aber das Ziel noch nicht erreicht, denn die elektronische Referenzspannungsquelle aus den genannten drei Bauelementen ist nicht in der Lage, einen nennenswerten Strom bei gleichzeitiger Konstanz der Spannung zu liefern. Dies ist leicht einzusehen: Der Laststrom müßte durch den Widerstand R1 fließen, so daß an diesem Widerstand ein starker Spannungsabfall auftreten würde. Bereits bei wenigen Milliampere ist der Spannungsverlust so hoch, daß für die beiden Dioden weniger als 6,5 Volt zur Verfügung stehen; dann aber leiten die Dioden nicht mehr (sie können dann als nicht vorhanden gelten), die Konstanz ist weg und auch für den zu speisenden Verbraucher bleibt nicht mehr viel Spannung übrig.

Deshalb liegt zwischen der Referenzspannungsquelle und dem Ausgang des Netzteils eine Schaltung, die bei Belastung den geforderten Strom liefern kann, gleichzeitig aber auch die Konstanzbedingung der Referenzspannungsquelle respektiert, die



Quelle also möglichst nicht belastet.
Diese Aufgabe übernehmen zwei als Emitterfolger geschaltete Transistoren, in Bild 2 T1 und T2. Sie verhalten sich wie ein Emitterfolger, der aus nur einem Transistor besteht, aber einen sehr hohen Stromverstärkungsfaktor hat.

Die Referenzspannungsquelle wird mit dem sehr geringen Basisstrom von T1 belastet. Der Strom in der Kollektor/Emitterstrecke T1 ist bereits um den Stromverstärkungsfaktor dieses Transistors höher, er fließt unmittelbar in die Basis von T2. Der Laststrom des Netzteils, der durch die Kollektor/Emitterstrecke von T2 fließt, ist wiederum um den Stromverstärkungsfaktor von T2 höher als der Steuerstrom in der Basis. Multipliziert man die Stromverstärkungsfaktoren der Transistoren miteinander, und teilt einen angenommenen Laststromwert durch das Produkt, so erhält man den Stromwert, mit dem die Referenzspannungsquelle belastet wird. Der Wert liegt auf jeden Fall weit unter 1 Milliampere.

Die beiden Transistoren verringern die Referenzspannung zwischen der Quelle (Basis von T1) und dem Ausgang um je ca. 0,7 Volt. Ein Siliziumtransistor „verbrät" an seiner Basis/Emitterstrecke zuerst einmal diese Schwellenspannung, bevor er zu leiten beginnt. Die Referenzspannung von ca. 6,5 Volt wird also bis zum Ausgang auf ca. 5 Volt reduziert.
Die beiden Elkos C2 und C3 sind zusätzliche

Siebglieder, sie setzen die Brummspannung herab, die immer einer durch Gleichrichtung einer Wechselspannung gewonnenen Gleichspannung überlagert ist; außerdem unterdrücken sie Störimpulse, die der Netzwechselspannung überlagert sein können.

Der Transistor T3 ist die elektronische Kurzschlußsicherung. Dieser Halbleiter sorgt dafür, daß der von dem Netzteil gelieferte Strom nie so groß werden kann, daß bestimmte Bauelemente zerstört werden.

Eine solche Schutzmaßnahme ist sehr wichtig. Beim Experimentieren kann es nämlich sehr leicht vorkommen, daß man sich mal vertut oder durch Unachtsamkeit einen Kurzschluß zwischen den Ausgängen des Netzteils (Plus und Masse) fabriziert. Ein solcher Kurzschluß bedeutet, daß Transistor T2 plötzlich ein Emitterfolger ohne Widerstand in der Emitterleitung ist. Statt einer bestimmten Last, die normalerweise den Emitterwiderstand bildet, liegt jetzt eine Drahtbrücke zwischen Emitter und Masse. Es fließt ein hoher Strom, der den Transistor in kürzester Zeit zerstört.

Die notwendige Kurzschlußsicherung erfordert nicht viel Aufwand an Bauelementen. Die beiden Wachtmeister R2 und T3 greifen unmittelbar ein, wenn der Laststrom auf über 500 Milliampere ansteigt. Dieser Strom erzeugt an dem 1,5 Ohm-Widerstand einen Spannungsabfall von ca. 0,75 Volt (Ohmsches Gesetz).

Diese Spannung bringt die parallel geschaltete Basis/Emitterstrecke von T3 zum Leiten. Dadurch kommt auch die vorher gesperrte Kollektor/Emitterstrecke von T3 in den Leitzustand. Diese leitende Strecke bildet einen Kurzschluß für die Serienschaltung aus der Basis/Emitterstrecke von T2 und R2. Wo ein Kurzschluß ist, kann eine Spannung sein. Die Basis/Emitterstrecke von T2 erhält also keine Spannung mehr, T2 sperrt.

Ganz soweit kommt es allerdings nicht, denn wenn aufgrund des Sperrens von T2 im Lastkreis kein Strom mehr fließt, entsteht an R2 kein Spannungsabfall und T3 würde wieder sperren, so daß der ursprüngliche (Kurzschluß-) Zustand wiederhergestellt wäre. Tatsächlich nimmt die Schaltung im Kurzschlußfall folgenden stabilen Zustand ein: Der Strom beträgt rund 500 Milliampere, er erzeugt an R2 eine Spannung um 0,7 Volt. T3 ist nicht voll im Leitzustand, sondern nur so weit, daß die Spannung zwischen Kollektor und Emitter noch ca. 1,4 Volt beträgt. Diese Spannung verteilt sich zu etwa gleichen Teilen auf die parallel liegende Strecke Basis T2 bis rechter Anschluß R2, so

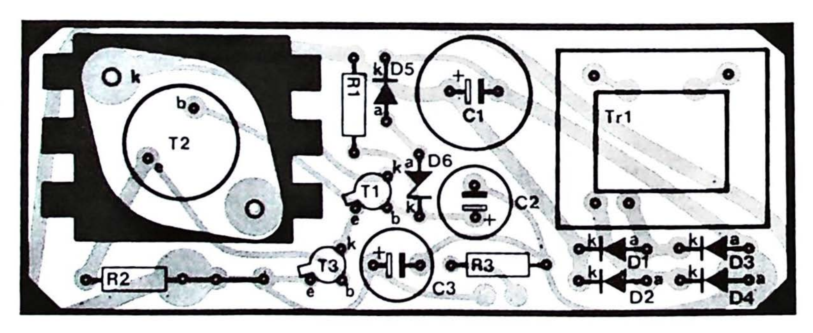


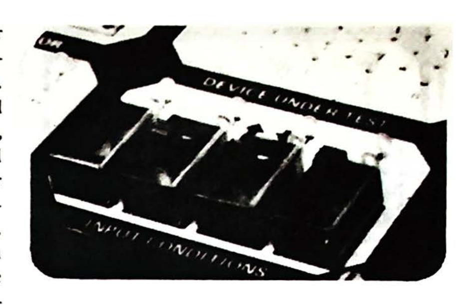
Bild 3. Bestückung des Feldes Power-Supply auf dem TTL-Print. Alle Elkos sind für stehende Montage vorgesehen.

daß T2 etwas leitet, etwa soviel, daß der Laststrom an R2 den Spannungsabfall erzeugt, den T3 zu seiner Steuerung braucht. Weiter ansteigen kann der Strom nicht, weil dann an R2 eine höhere Spannung entsteht, T3 weiter in den Leitzustand gesteuert wird und die Basis/Emitterstrecke von T2 weniger Steuerspannung erhält, so daß der Kurzschlußstrom doch wieder abnehmen würde. Dieser stabile Kurzschlußzustand ist im Übrigen dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangsspannung Null ist. Selbstverständlich, denn der Kurzschluß bedeutet ja eine direkte Verbindung zwischen dem positiven und dem negativen Ausgang (Masse). Wo bleibt aber die Spannung, die am Ladekondensator C1 auch bei einem Kurzschluß vorhanden ist? Es gibt im Laststromkreis nur noch zwei „Widerstände", denn der Verbraucherwiderstand ist Null Ohm. Dies ist zum Einen R2, an ihm steht eine Spannung von ca. 0,7 Volt; zum Zweiten die Kollektor/Emitterstrecke von T2. Sie fängt den überwiegenden Teil der Spannung an C1 auf.

Neben dem Kurzschluß als Extremfall einer Überlastung ist auch der Fall denkbar, daß das Netzteil durch Anschluß zu vieler Verbraucher überlastet wird. Die Kurzschlußsicherung reagiert darauf wie folgt: Sie reduziert die Ausgangsspannung so weit, daß wiederum maximal ca. 500 Milliampere fließen können. Bei diesem Strom erzeugt der Widerstand wieder den Spannungsabfall, der sich über T3 und T2 selbsttätig stabilisiert.

Der Widerstand R2 ist somit maßgebend dafür, bei welchem Strom die Funktion der elektronischen Sicherung einsetzt. Je höher der Wert von R2 ist, um so geringer ist der maximale Ausgangsstrom, denn dann ist weniger Strom nötig, um an R2 den Spannungsabfall von 0,7 Volt zu erzeugen, auf den T3 reagiert.

Die LED D7 liegt über einen Widerstand an der stabilisierten 5 Volt-Ausgangsspannung



des Netzteils. Sie zeigt an, daß der TTL-Trainer in Betrieb ist.

INPUT CONDITIONS

Die Aufgabe dieses Feldes läßt sich ganz kurz erklären; Bild 4 zeigt die außerordentlich einfache Schaltung dieses Feldes.

Vier Lötstifte können mittels je einem Schiebeschalter auf +5 Volt oder auf Masse geschaltet werden; diese beiden logischen Zustände, „H" oder „L", stellen vier Eingangsbedingungen für das zu testende IC dar. Über Uniflexkabel werden die Stifte mit den betreffenden Anschlüssen des ICs verbunden.

IMPULSGENERATOR

Der wesentliche Bestandteil des Impulsgene-

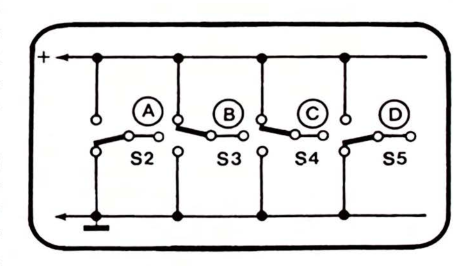


Bild 4. Die Schaltung im Feld Input Conditions. Die Ausgänge A bis D dieses Feldes können mit Schiebeschaltern unabhängig voneinander auf „H"- oder „L"-Potential gelegt werden.

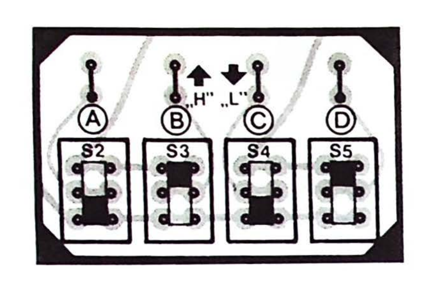


Bild 5. Bestückung im Bereich Input Conditions.

rators (Pulse Generator), dessen Schaltung Bild 6 zeigt, ist ein IC vom Typ 7413. Dieses IC enthält zwei identische, sogenannte Schmitt-Trigger. Ein Schmitt-Trigger hat zwei definierte Ausgangszustände: Entweder ist Spannung da oder nicht. Wie groß die Spannung ist, hängt von der Technologie der integrierten Schaltung ab. Hat man, wie hier, einen Schmitt-Trigger in TTL-Technologie, so beträgt die Ausgangsspannung ca. 4 Volt. Im anderen Zustand ist die Spannung praktisch Null (Masse). Die beiden Ausgangszustände werden mit „H" (High) und „L" (Low) bezeichnet.

Wovon hängt es nun ab, welchen Zustand der Ausgang des Schmitt-Triggers einnimmt? Bild 7 beantwortet diese Frage graphisch. Die vier Eingänge des Schmitt-Triggers sind einfach miteinander verbunden. An diesem so entstandenen, gemeinsamen Eingang liegt eine Spannung, die man, von Null Volt beginnend, langsam ansteigen läßt. Zunächst ist die Ausgangsspannung des Triggers noch 4 Volt („H"). Sobald die Eingangsspannung den Wert 1,7 Volt erreicht, kippt der Schmitt-Trigger um, d.h. seine Ausgangsspannung geht auf Null Volt („L"). Beim weiteren Ansteigen der Spannung passiert nichts mehr.

Läßt man nun die Eingangsspannung langsam abnehmen, so würde man zunächst erwarten, daß bei 1,7 Volt der Ausgang des Triggers wieder „H" wird. Dies ist jedoch nicht der Fall; die Spannung muß bis auf ca. 1 Volt abnehmen, dann erst schaltet der Ausgang wieder auf „H".

Der Unterschied in den beiden sogenannten Schwellenspannungen des Schmitt-Trigger-Eingangs bezeichnet man als Hysteresis. Sie ist ein typisches Merkmal aller Schmitt-

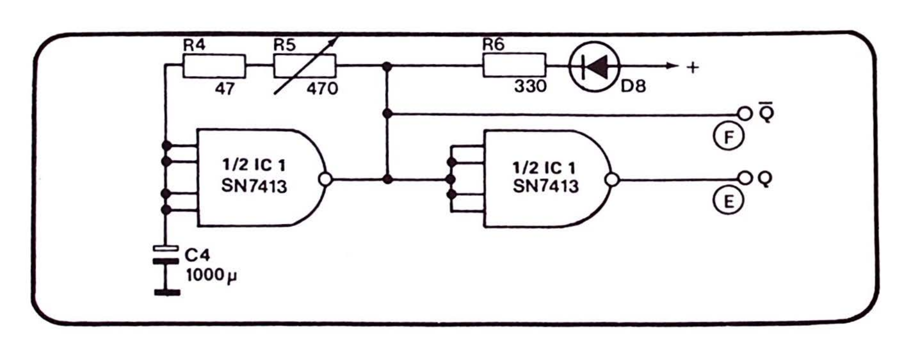


Bild 6. Der Impulsgenerator, dessen vollständiges Schaltbild hier angegeben ist, besteht im Wesentlichen aus einem Schmitt-Trigger; das TTL-IC 7413 enthält zwei dieser Triggerschaltungen.

Trigger-Schaltungen. Hinweis: In P.E. Nr. 1, im Beitrag FBI-Sirene, wird das Prinzip dieser Triggerschaltung so ausführlich dargelegt, daß jedem, der sich gründlicher mit dieser Schaltung beschäftigen will, die Lektüre des genannten Beitrags zu empfehlen ist.

Wie Bild 6 zeigt, läßt sich mit einem Schmitt-Trigger auf sehr einfache Weise ein Impulsgenerator aufbauen. Die vier Eingänge des linken Triggers (der rechte hat mit dem Prinzip des Generators nichts zu tun) sind nicht nur miteinander verbunden, sondern liegen auch an einem Elko C4 mit hohem Kapazitätswert und über zwei Widerstände R4/R5 am Ausgang des Triggers.

In Bild 8 oben ist ein vollständiger, jedoch von allem unnötigen Beiwerk entkleideter Impulsgenerator eingezeichnet. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß selbstverständlich die in einem TTL-IC enthaltene Schaltung, in diesem Fall die zwei Trigger, mit der Speisespannung und mit Masse verbunden sein müssen. Diese Verbindungen werden jedoch mit Rücksicht auf die Übersichtlichkeit der Darstellung grundsätzlich nicht eingezeichnet.

Schaltet man die Speisespannung des in Bild 8 angegebenen Impulsgenerators ein,

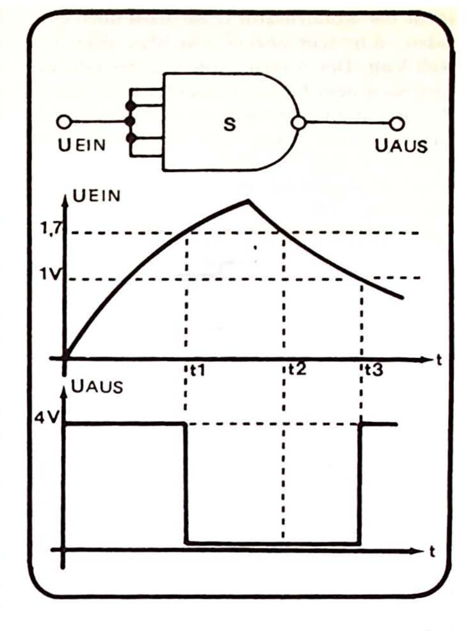


Bild 7. Die Wirkungsweise des TTL-Schmitt-Triggers in graphischer Darstellung.



TTL-TRAINER - TESTBERICHT

Dem unabhängigen Tester (siehe Vorwort P.E. Nr. 5) standen zur Verfügung: ein Original-Print und ein Labor-Manuskript des TTL-Trainers.
Nach dem Zusammenbau arbeitete der TTL-Trainer sofort, auch die am Schluß des Aufsatzes angegebenen Experimente funktionierten. Da der Tester gehalten war, die Bauelemente einzeln zu beschaffen, gab es prompt Schwierigkeiten. Der Printtrafo war nur über den Versandhandel zu bekommen. Die Elkos erfordern laut Printlayout 5 mm oder 7,5 mm Raster; in der letzten Zeit sind Ausführungen mit 5 mm Raster (Siemens) gängiger. Widerstand R2 mit den Werten 1,5 Ohm/1 Watt ist selten vorrätig. Verwendet werden können folgende Ausführungen: Kohleschichtwiderstand, glasierter-, zementierter- oder Keramik-Drahtwiderstand.
Beim Arbeiten mit dem TTL-Trainer braucht man spitze Finger, um die eng beieinander stehenden Lötstifte zu stecken. Nach Ansicht des Testers wäre auf einem gleichgroßen Print auch eine Anordnung mit einem etwas größeren Lötstiftabstand unterzubringen gewesen.

so ist der Kondensator C zunächst noch entladen, d.h. sein oberer Anschluß liegt auf Null Volt. Der Ausgang des Triggers geht sofort nach dem Einschalten auf 4 Volt; dieser Zustand stimmt überein mit der Aussage der Graphik Bild 7, außerdem ist dies auch in Bild 8 zu Beginn der Zeitachse t zu sehen. Der Kondensator liegt somit über den Widerstand R an einer hohen Spannung, er lädt sich langsam auf. Alle drei Größen, nämlich: Betrag der Ausgangsspannung, Widerstandswert und Kapazitätswert sind maßgebend dafür, mit welcher Geschwindigkeit die Aufladung stattfindet.

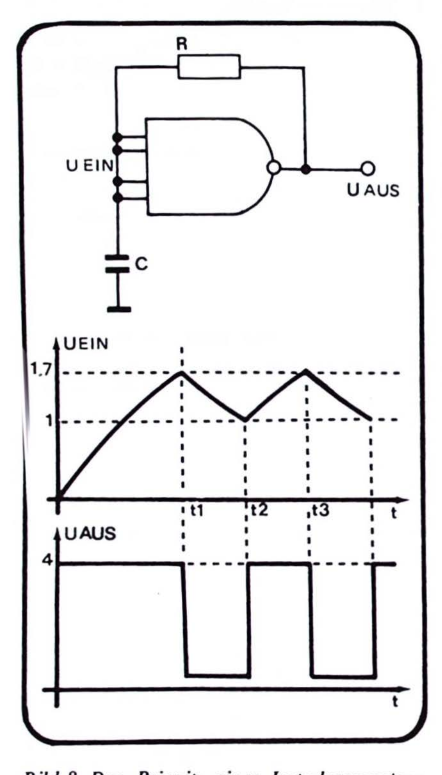


Bild 8. Das Prinzip eines Impulsgenerators, aufgebaut mit einem Schmitt-Trigger-IC. Dank der Hysteresis (Erläuterung im Text) variiert die Kondensatorspannung ständig zwischen zwei Schwellenspannungen von 1,7 Volt bzw. 1 Volt. Der Ausgang wechselt periodisch seine „H" und „L"-Zustände.

Ein aufgeladener Kondensator kann über einen Widerstand entladen werden, wenn dieser Widerstand mit seiner anderen Seite an einer geringeren Spannung liegt als die, auf die der Kondensator geladen ist. Für den Impulsgenerator Bild 8 bedeutet dies, daß der Kondensator bis auf den Betrag 1,7 Volt aufgeladen wird. In diesem Augenblick reagiert der Eingang des Schmitt-Triggers, die Schaltung ändert ihre Ausgangsspannung von „H" nach „L" (Masse), in der Graphik zum Zeitpunkt t1. Anschließend entlädt sich der Kondensator über den Widerstand R und den Ausgang des Schmitt-Triggers, der ja auf Null Volt liegt. Zum Zeitpunkt t2 ist der Kondensator so weit entladen, daß seine Spannung nur noch 1 Volt beträgt.

Damit ist der Hysteresisbereich des Schmitt-Triggers durchlaufen; die Schaltung kippt wieder und die Ausgangsspannung wird „H". Der Kondensator kann sich nun erneut aufladen, infolgendessen steigt die Spannung am Eingang des Triggers wieder an. Nach einer bestimmten Zeit erreicht die Spannung den Wert 1,7 Volt, der Trigger schaltet, die Ausgangsspannung geht nach „L" und der Kondensator entlädt sich wieder. Ergebnis: Nach einer „längeren" Anlaufphase erreicht der Impulsgenerator seinen eigentlichen „Betriebszustand": Er schaltet in konstanten Zeitabständen zwischen den Ausgangszuständen „H" und „L" um. Dabei ensteht eine Rechteckspannung, wie sie in Bild 8 unten rechts zu sehen ist.

Im Zeitraum von t1 bis t3 vollzieht sich ein vollständiger Zyklus. Man kann auch den Zeitpunkt t2 als Beginn eines Zyklus' definieren; dieser Zyklus endet dann bei t4. In

jedem Zyklus ist die Ausgangsspannung je einmal „H" und einmal „L". Man bezeichnet einen solchen Zyklus als Impuls.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die gleichartigen Zustände am Ausgang des Impulsgenerators wiederholen, hängt von der Bemessung des Widerstandes und des Kondensators ab, denn die Höhe der Schaltschwellen und die Spannung, die der Ausgang des Schmitt-Trigger im „H"-Zustand hat, sind durch die Technologie vorgegeben.
Je höher der Kapazitätswert des Kondensators ist, um so mehr elektrische Energie muß in dieses Bauelement gepumpt werden, um es auf eine bestimmte Spannung auf zu laden. Je kleiner der Widerstandswert ist, um so größer ist der Strom, der auf den Kondensator fließt, bzw. beim Entladen zurückfließt. Höherer Strom bedeutet schnelleres (Ent-) Laden.
Im allgemeinen arbeiten derartige Impulsgeneratoren mit einer hohen Geschwindigkeit, so daß sie zahlreiche Impulse pro Sekunde erzeugen; man spricht deshalb auch von Impulsfrequenz. Dies ist die Anzahl der in jeder Sekunde erzeugten Impulse. Der Kondensator aus Bild 8 ist in der Praxis (Bild 6) ein Elko. Der hohe Kapazitätswert von 1000 Mikrofarad ist erforderlich, weil der Impulsgenerator im TTL-Trainer mit einer sehr niedrigen Frequenz arbeiten soll, damit jeder Impuls, bzw. die Wirkung, die er im Test-IC auslöst, direkt zu verfolgen ist.

Der Widerstand R1 in Bild 8 ist in der tatsächlichen Schaltung des TTL-Trainers als Serienschaltung aus einem Festwiderstand R4 und einem einstellbaren Widerstand R5 ausgeführt. Mit dem Trimmer R5 kann man die Impulsfrequenz im Bereich 1 Hertz bis 10 Hertz einstellen. Der Festwiderstand R4 hat einen geringen Wert, ist aber erforderlich, damit der Impulsgenerator in jeder Einstellung des Trimmers funktioniert; sonst könnte es passieren, daß man den Trimmer auf Null Ohm einstellt und auf diese Weise einen Kurzschluß zwischen dem Ausgang und den Eingängen des ICs herstellt. Einen solchen Kurzschluß würde das IC übelnehmen: Es würde nämlich (auch nach dem Kurzschluß) nicht mehr mitmachen.
Der Ausgang des Impulsgenerators ist unmittelbar herausgeführt, er trägt die Logik-Bezeichnung Q und ist auf dem Print als F bezeichnet. An diesem Ausgang liegen auch die vier parallel geschalteten Eingänge des zweiten Schmitt-Triggers im IC 7413. Dieser Trigger dient als Inverter oder Umkehrstufe. Wenn der Ausgang des Impulsgenerators „H" ist, dann ist der Ausgang des rechten Triggers „L" und umgekehrt. Für bestimmte Testaufgaben ist es sehr nützlich, außer der Impulsspannung auch die invertierte Spannung zur Verfügung zu haben.
Abschließend noch eine wichtige Bemerkung zur Schaltung der LED D8. Diese lichtemittierende Diode ist nämlich auf eine merkwürdige Art verschaltet. Meistens liegt eine solche LED zwischen dem Ausgang einer Schaltung und Masse. Sie leuchtet immer dann, wenn der Ausgang aktiviert, also „H" ist. Dies ist auch die logische Funktion einer LED: Wenn was da ist, leuchtet sie.

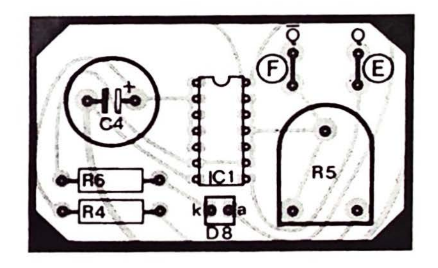


Bild 9. Bestückung des Impulsgenerators. Elko C4 hat trotz seines hohen Kapazitätswertes geringe Abmessungen, da eine Betriebsspannung von 6 Volt ausreichend ist. Der Trimmer R5 sollte gekapselt sein; er ist für liegenden Einbau gedacht und hat das Raster 12,5 x 10 mm.

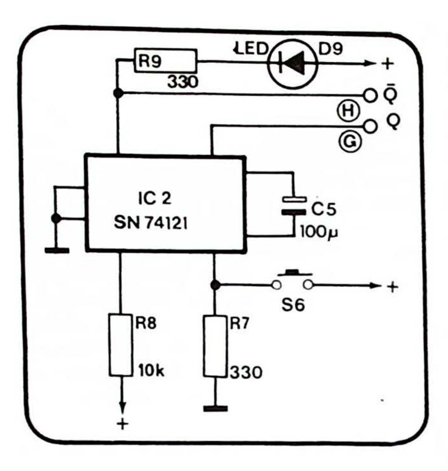


Bild 10. Zum Aufbau des One Shot Generators dient ein spezielles IC, das 74121. Die Werte von C5 und R8 bestimmen die Impulsdauer des beim Betätigen des Tasters S6 erzeugten Impulses.

n der Schaltung des Impulsgenerators (Bild 6) liegt die LED jedoch nicht zwischen Ausgang und Masse, sondern über den üblichen Vorwiderstand am Pluspol der Speisespannung. Daraus folgt, daß die LED nicht leuchtet, wenn der Ausgang des Generators „H" ist. Die Spannung am Ausgang beträgt dann nämlich 4 Volt; es bleibt für die LED nur eine Spannung von 1 Volt übrig, das ist ihr zu wenig. Wenn dagegen der Ausgang „L" ist, steht die volle Speisespannung über der Reihenschaltung aus LED und R6, es fließt ein kräftiger Strom durch beide Bauelemente, so daß die LED leuchtet. Mit anderen Worten: Sie leuchtet dann, wenn am Ausgang F des Generators der Zustand „L" vorliegt, am Ausgang E der Zustand „H".
Bezeichnet man nun den Ausgang E als den „echten" Ausgang, so ist die Logik wieder in Ordnung: Wenn dieser Ausgang „H" ist, leuchtet die LED.

Ergänzend sei dazu folgendes bemerkt: Es gibt zahlreiche Digitalschaltungen, die neben dem normalen Ausgang auch den inversen Ausgang besitzen. Hat eine solche Schaltung einen definierten „Ruhezustand" bzw. „Anfangszustand", so bezeichnet man den Ausgang mit Q, der im Ruhezustand „L" ist; den inversen Ausgang, der im Ruhezustand „H" ist, bezeichnet man als $\overline{Q}$.

ONE SHOT GENERATOR

Der One Shot Generator, auch monostabiler Multivibrator oder Monoflop genannt, erzeugt nicht, wie der Impulsgenerator, fortwährend Impulse, sondern nur einen; und das tut er nur auf Kommando, nämlich dann, wenn man einen Taster betätigt.
Man fragt sich natürlich, was der elektronische Aufwand soll, wo doch der Taster unmittelbar dazu verwendet könnte, einen kurzen Impuls zu erzeugen. Der Aufwand ist aber berechtigt, denn beim Betätigen des Tasters entsteht nicht nur ein Impuls, sondern es entstehen mehrere hintereinander. Die Kontakte von Schaltern und Tastern sind nicht sehr kontaktfreudig. Sie berühren und trennen sich mehrmals, bevor sie sich endgültig zusammentun.

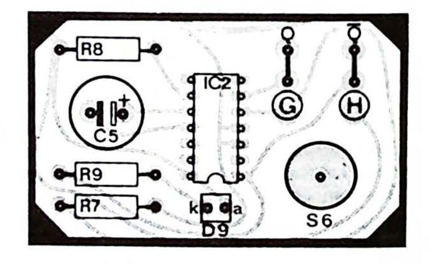
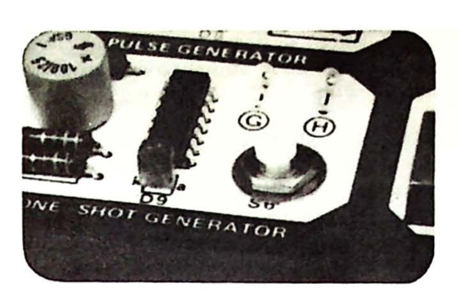


Bild 11. Bestückung im Feld One Shot Generator. Der Taster S6 wird mit dem Print verschraubt. Zwei blanke Drahtstücke stellen die Verbindung zwischen seinen Anschlüssen und den betreffenden Lötaugen auf der Kupferseite des Prints her.



Diese Eigenschaft heißt Kontaktprellen. Die einzelnen Impulse, die bei der mehrfachen Kontaktgabe entstehen, sind trotz ihrer zeitlichen Kürze immer noch so breit, daß die empfindlichen Digitalschaltungen auf jeden einzelnen Impuls reagieren.
Wenn man nur einen Impuls braucht, dann gibt es zwei Möglichkeiten; man kann einen Schalter oder Taster elektronisch prellfrei machen, dazu sind spezielle Schaltungen bekannt. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung eines Monoflops. Diese Schaltung, die als TTL-IC unter der Bezeichnung 74121 fertig zu haben ist, läßt eine Einstellung der Impulsbreite zu. Wie eine solche Schaltung funktioniert, bzw. wie es in dem 74121 aussieht, kann hier nicht besprochen werden. In einer der nächsten Mikro-Folgen kommt der Monoflop auf den Labortisch.
Bild 10 zeigt die Beschaltung des 74121. Der mit G bezeichnete Normalausgang ist im Ruhestand auf „L". Wird der Taster S6 betätigt, so erscheint ein positiver Impuls. Die Spannung geht für eine bestimmte Zeit nach „H". Der mit „H" ($\overline{Q}$) bezeichnete Ausgang ist im Ruhezustand „H", er geht für die Zeitdauer des Impulses nach „L".
Die LED D9 leuchtet auf, solange der Q-Ausgang auf „H" liegt, also aktiviert ist.
Auf die Einstellbarkeit der Impulsdauer wurde hier verzichtet; anstelle eines Trimmers liegt ein Festwiderstand (R8) in der Schaltung.

OUTPUT INDICATOR

Dieses Feld enthält vier identische Stufen, jede dieser Stufen dient zur Anzeige einer am Ausgang des Test-ICs vorhandenen Spannung und enthält zu diesem Zweck eine LED.
Bild 12 zeigt, daß diese Stufen sehr einfach aufgebaut sind. Sie bestehen aus je einem Transistor, einem Widerstand in der Basis und einem Vorwiderstand für die LED.

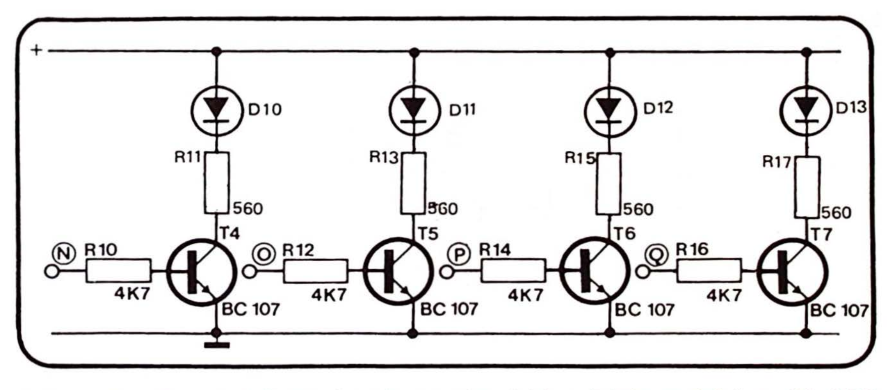


Bild 12. Der Output Indicator besteht aus vier gleichen Schaltungseinheiten. Die LED leuchtet, wenn am Eingang der Schaltung „H"-Signal anliegt.

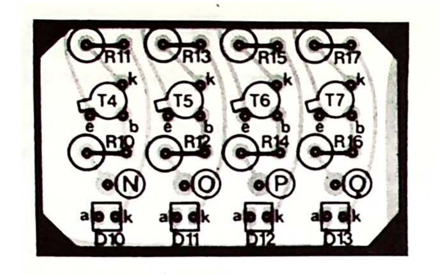


Bild 13. Die Widerstände im Feld Output Indicator werden mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Platz senkrecht montiert.

Ist am Eingang keine Spannung vorhanden (ist der Eingang also „L"), dann wird die Basis nicht gesteuert; durch den Transistor und die LED fließt kein Strom, die LED leuchtet nicht. Liegt der Basiswiderstand ʼagegen an einem Test-IC-Ausgang, der otential führt („H"), so fließt Basisstrom, uch die Kollektor/Emitterstrecke des Transistors leitet, so daß nun Strom durch die LED und ihren Strombegrenzungswiderstand fließt.

DER BCD/SIEBENSEGMENT-DEKODER

Die Schaltung im Feld BCD-Dekoder ist ein typisches Beispiel für Sinn und Zweck der P.E.-Serie „Denken in High und Low". Sieben Widerstände und zwei Rechtecke - wer kann, wenn er sowas sieht und keine ausführliche Erklärung dazu findet, damit etwas anfangen?

Falls es gestattet ist, die Leserschaft von P.E. vorübergehend in zwei Gruppen einzuteilen, in eine Gruppe Fortgeschrittene und eine Gruppe Anfänger, so ist eines klar: Die Fortgeschrittenen brauchen keine Erklärung der Schaltung Bild 14. Die Anfänger dagegen brauchen eine ausführliche Beschreibung von Zweck und Wirkungsweise der Schaltung. Diese Ausführlichkeit bieten die späteren Experimente mit dem TTL-Trainer. Hier kann nur kurz angedeutet werden, um was es bei der Schaltung geht.

Die Digitalelektronik bietet die Möglichkeit,

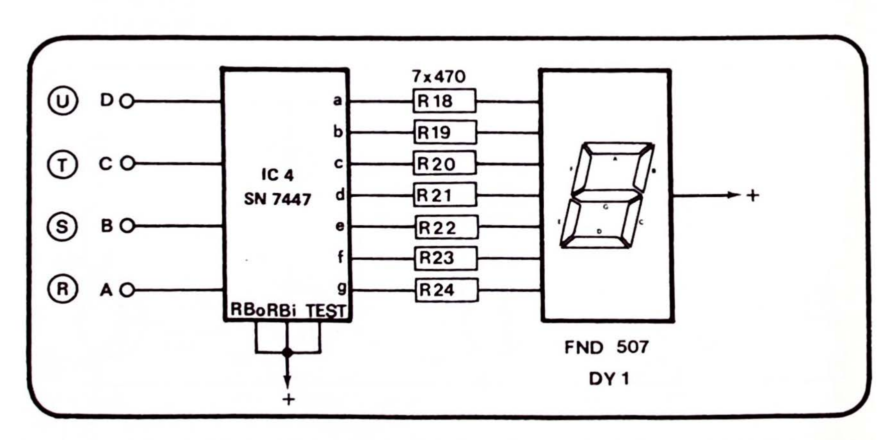


Bild 14. Der BCD-Decoder ist eine Schaltung, die eine im BCD-Code verschlüsselte Ziffer erkennen und so verarbeiten kann, daß eine Siebensegment-Anzeige richtig gesteuert wird.

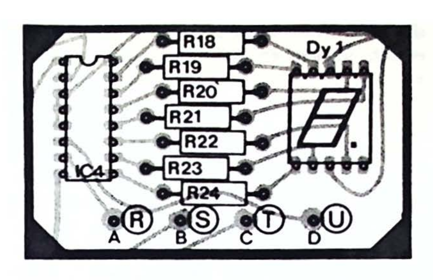


Bild 15. Der BCD/Siebensegment-Decoder auf dem Print. Für das Display Dy1 ist eine spezielle Fassung im Handel, man kann jedoch auch Einzel-Klemmfassungen verwenden oder das Display direkt einlöten, wenn man im Löten so schnell ist, daß nicht zuviel Wärme zugeführt wird.

die gewöhnlichen Ziffern Null bis Neun unseres Dezimalsystems in verschlüsselter (codierter) Form zu erfassen, zeitweise in einem Gedächtnis zu speichern, mit ihnen zu rechnen und schließlich auch in der gewohnten Schreibweise der Ziffern wiederzugeben. Dabei entspricht jeder Ziffer eine Kombination von mehreren „L"- oder „H"-Zuständen an meist vier Schaltungspunkten. Hat man mit einem IC zu tun, an dessen vier Ausgängen die einer Ziffer entsprechenden „H"- und „L"-Kombinationen vorhanden sind, so kann man diese Ausgänge mit dem bereits besprochenen Feld „Output Indicator" verbinden und anhand der leuchtenden und inaktiven LEDs ermitteln, um welche Ziffer es sich handelt.

Dieses Verfahren ist natürlich recht umständlich, deshalb hat man bestimmte Schaltungen entwickelt, welche diese umständliche Kombiniererei vornehmen. Der BCD/Siebensegment-Dekoder ist in der Lage, aus den vier Eingangszuständen sieben Ausgangszustände in der Weise zu schaffen, daß mit einem nachgeschalteten Siebensegment-Display immer die richtige, der am Eingang vorhandenen „H"- und „L"-Kombination entsprechende Ziffer angezeigt wird.

Neben dem BCD/Siebensegment-Dekoder gibt es auch den BCD/Dezimal-Dekoder, er verliert jedoch in der letzten Zeit an Bedeutung, weil sich die Siebensegment-Anzeigen doch deutlich durchsetzen. Solche Displays, wie Dy1 im Feld des Dekoders, enthalten LED-Segmente, die unabhängig voneinander zum Leuchten gebracht werden können und auf diese Weise Ziffernbilder erzeugen.

Bei den späteren Experimenten werden die vier Eingänge des Dekoders mit vier Ausgängen des Test-ICs verbunden, an denen in digitaler Form ein Ziffercode steht. Das IC 7447 steuert die sieben Segmente so, daß das Display die Ziffer anzeigt, die in digitaler Form, als „H"- und „L"-Zustände, an den Eingängen von IC4 ansteht.

Da die sieben Segmente aus je einer LED bestehen, ist für jedes Segment je ein Strombegrenzungswiderstand vorzusehen.

DER BCD-ENCODER

In Bild 16 ist wieder so ein nichtssagendes

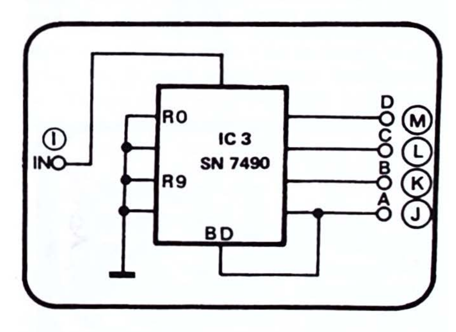


Bild 16. Der BCD-Encoder erzeugt an seinen vier Ausgängen eine Kombination von „H"- und „L"-Zuständen im BCD-Code; sie entspricht der Anzahl der am Eingang I eingelesenen Impulse.

Kästchen zu sehen. Dieser BCD-Encoder kommt dann zum Einsatz, wenn dem Test-IC Ziffern in der vierstelligen digitalen Form eingegeben werden müssen. Da es sich immer um eine Kombination von „H"- und „L"-Zuständen handelt, würden für diesen Zweck im Prinzip die vier Schalter im Feld „Input Conditions" ausreichen. Es gibt aber auch spezielle ICs, die dasselbe und noch etwas mehr können. Will man mit dem BCD-Encoder z.B. die Ziffer vier im BCD-Code erzeugen, so genügt es, auf den Eingang von IC3 vier Impulse, etwa vom One Shot Generator zu geben.

DEVICE UNDER TEST

Dieses Feld ist der „Center Court" des TTL-Trainers, auf dem sich alles Wesentliche abspielt. Die Bestückung besteht aus einer 16 Pin-DIL-Fassung sowie je drei Lötstiften für die 16 Anschlüsse und die Zuführung der Speisespannung und Masse.

BESTÜCKUNG UND BAU DES TTL-TRAINERS

Das Format von P.E. (gemeint sind die Abmessungen, also Breite und Höhe) reicht leider nicht dazu, den Print des TTL-Trainers in natürlicher Größe abzudrucken. Deshalb sind die Bestückungspläne der acht Felder einzeln angegeben (Bildnummern 3, 5, 9 11, 13, 15, 17, 18). Um aber trotzdem einen Überblick zu geben, enthält dieser Beitrag eine Darstellung in verkleinertem Maßstab, in der die Frontseite und der Stromlaufplan auf der Kupferseite einander gegenübergestellt sind. Wer den Print selbst herstellen will, kann die Teil-Layouts anhand des verkleinerten Gesamtbildes zusammenstellen. Beim Bestücken des TTL-Trainers beginnt man am besten mit der Drahtbrücke zwischen den Schriftzügen „Output Indicator" und „BCD-Decoder", damit diese Brücke nicht vergessen wird. Anschließend kommen die 88 Lötstifte an die Reihe. Es müssen die richtigen sein, damit die Steckschuhe passen (siehe Stückliste).

Die vier fest eingebauten ICs des TTL-Trainers (IC1 bis IC4) sowie die Siebensegment-Anzeige DY1 setzt man zweckmäßig auf Einzel-Klemmfassungen, die es als Meterware gibt. Diese „Selbstbau"-IC-Fassungen beanspruchen weniger Platz als fertige IC-Fassungen und erleichtern somit das Hantieren der Steckverbindungen. Bezüglich des Einbaus dieser Einzelfassungen siehe Heft 3, Seite 70. Für das Test-IC ist auf jeden Fall eine handelsübliche 16-Pin-DIL-Fassung vorzuziehen.

Nach dieser allgemeinen Bestückung kommen nun die einzelnen Felder an die Reihe.

Im Feld Power Supply, beim Kühlfinger für T2, sind zwei gegenüberliegende Reihen abzusägen; es müssen natürlich die richtigen sein! Für T2 ist keine „Glimmergarnitur" vorgesehen, sondern dieser Transistor wird - möglichst unter Verwendung von Wärmeleitpaste - auf den Kühlfinger montiert. Hat man zwei Buchsen einer solchen Glimmergarnitur zur Verfügung, dann legt man die Buchsen von unten in den Kühlfinger ein; sie sorgen für ausreichende Zentrierung der M3-Schrauben.

Für den Drahtwiderstand R2 hat der Print drei verschiedene Rastermaße, es genügt je-

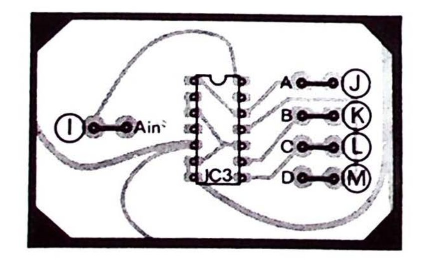
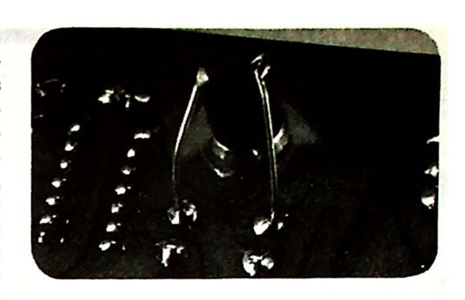


Bild 17. Die Bestückung des BCD-Encoders besteht aus 10 Lötstiften und einem IC, evtl. mit Fassung.

doch in jedem Fall eine 1 Watt-Ausführung. Im Feld Output Indicator müssen alle Widerstände senkrecht montiert werden, dies aus Platzmangel. Beim Labor-Prototyp des TTL-Trainers wurden für alle LEDs flache Ausführungen gewählt; dies ist aber keine Vorschrift, es können auch die üblichen, gängigen runden verwendet werden. Bei den LEDs ist unbedingt darauf zu achten, daß die Polarität nicht vertauscht wird. Übrigens kann man die LEDs im Feld Output Indicator etwa drei bis vier Millimeter erhöht montieren und sie dann um etwa 30 Grad nach vorne biegen; man sieht sie dann auch bei schrägem Betrachtungswinkel genügend hell leuchten.



Beim BCD-Encoder und beim BCD/Siebensegment-Decoder gibt es keine Bestückungsprobleme. Man achte hier jedoch, wie in den anderen Fällen und auch später beim Einsetzen der Test-ICs, auf die Lage der Kerbe, die das seitenrichtige Einstecken der ICs fördern soll.

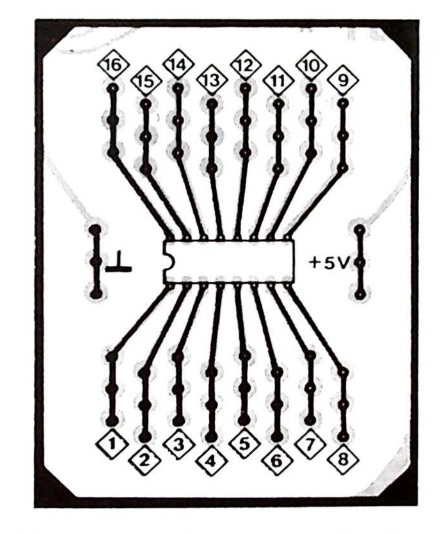


Bild 18. Im Feld Device under Test dient eine 16polige DIL-Fassung zur Aufnahme des Test-ICs. Jeder Anschluß ist über drei Lötstifte erreichbar, dies ist für den Aufbau komplexer Testschaltungen sehr vorteilhaft.

Der Impulsgenerator enthält einen Trimmer. Bei diesem Bauelement kommt es auf Qualität an, deshalb ist eine gekapselte Ausführung vorzuziehen. Die üblichen Miniaturtrimmer sind nicht für Dauerdrehbetrieb vorgesehen, sie neigen nach einiger Zeit zu schlechter Kontaktgabe.

Der One Shot Generator enthält einen Taster, für den im Print bereits eine Bohrung vorgesehen ist. Je nach vorhandener Ausführung des Tasters kann es erforderlich sein, diese Bohrung von 6 auf 7 Millimeter zu erweitern. Den Anschluß der beiden Tasterkontakte - unter Verwendung blanker Drahtstücke - zeigt das Foto oben.

Im Feld Output Conditions sind vier Miniatur-Schiebeschalter vorgesehen. Sie haben ein Raster von 8,5 x 5 mm. Je nach vorhandener Ausführung kann es erforderlich sein, die Bestückungslöcher etwas aufzubohren, dann passen die Schalter vollständig, d.h. der Körper ruht auf dem Print. Sind die vorhandenen Schalter zu beiden Seiten mit einem durchbohrten Befestigungsbügel versehen, so sägt man diese Bügel einfach ab.

STÜCKLISTE

Widerstände 1/4 Watt (Ausnahme R2)
R 1 = 1 k-Ohm
R 2 = 1,5 Ohm, 1 W, Draht
R 3 = 470 Ohm
R 4 = 47 Ohm
R 5 = 470 Ohm
Trimmer, Raster 12,5 x 10 mm, liegend, gekapselt
R 6 = 330 Ohm
R 7 = 330 Ohm
R 8 = 10 k-Ohm
R 9 = 330 Ohm
R 10 = 4,7 k-Ohm
R 11 = 560 Ohm
R 12 = 4,7 k-Ohm
R 13 = 560 Ohm
R 14 = 4,7 k-Ohm
R 15 = 560 Ohm
R 16 = 4,7 k-Ohm
R 17 = 560 Ohm
R 18 = 470 Ohm
R 19 = 470 Ohm
R 20 = 470 Ohm
R 21 = 470 Ohm
R 22 = 470 Ohm
R 23 = 470 Ohm
R 24 = 470 Ohm

Kondensatoren stehend
C 1 = 1000 µF, 25 V, Raster 7,5 mm
C 2 = 220 µF, 12 V, Raster 5 mm
C 3 = 220 µF, 16 V, Raster 7,5 mm
C 4 = 1000 µF, 6 V, Raster 7,5 mm
C 5 = 100 µF, 6 V, Raster 5 mm

Haloleiter
D 1 = 1 N 4004
D 2 = 1 N 4004
D 3 = 1 N 4004
D 4 = 1 N 4004
D 5 = 1 N 914 (oder 1N4148)
D 6 = 6V2 Zenerdiode, 400 mW
D 7 = LED, grün, Raster 2,5 mm
D 8 = LED, grün, Raster 2,5 mm
D 9 = LED, grün, Raster 2,5 mm
D 10 = LED, grün, Raster 2,5 mm
D 11 = LED, grün, Raster 2,5 mm
D 12 = LED, grün, Raster 2,5 mm
D 13 = LED, grün, Raster 2,5 mm
T 1 = BC 107
T 2 = 2 N 3055
T 3 = BC 107
T 4 = BC 107
T 5 = BC 107
T 6 = BC 107
T 7 = BC 107
IC 1 = SN 7413
IC 2 = SN 74121
IC 3 = SN 7490
IC 4 = SN 7447
Dy = FND 507 oder CQY 91 A (TFK) oder HP 5082-7730

Sonstiges
Tr 1 = SPK 2230/12, Printtrafo, Fa. Spitznagel
Sicherungshalter, Chassismontage
Si 1 = Feinsicherung, 0,3 A mittel.
S 1 = Miniatur-Kippschalter 220 V, 1 x EIN
S 2,
S 3,
S 4,
S 5, = Schiebeschalter 2 x UM, Raster 8,5 x 5 mm
S 6 = Miniaturtaster 1 x EIN, Bef.-Loch ϕ 6 mm - 7 mm
Gehäuse TEKO P4 (ohne Frontplatte) aber mit den 4 Schneidschrauben
Kühlfinger für 2 N 3055
IC-Fassung DIL 16
100 St. Kontaktstifte
RTM 1,3/4,5/6.002
50 St. Einzelkontakt-Federn (Steckschuhe)
RF 7796.001 R 1,3
Netzkabel mit Stecker
2 Schrauben M3 x 10, mit U-Scheiben u. Muttern

ZUM GEHÄUSE

Natürlich kann man mit irgendwelchen Materialien selbst ein Gehäuse herstellen. Für den Prototyp wurde ein - nachträglich pultförmig abgesägtes - Gehäuse Teko P4 verwendet; baut man den TTL-Trainer mit diesem Gehäuse auf, so müssen folgende Instruktionen genau beachtet werden:

Die höhere Seite des Gehäuses, das ist die Seite mit der Stromversorgung, beträgt genau 67 Millimeter. Die gegenüberliegende Seite hat eine Höhe von 37 Millimeter. Sind diese Punkte angezeichnet und mittels Linien verbunden, so kann man dem Gehäuse mit einer Eisensäge die Pultform geben. Eine zweite Möglichkeit: mit einem Teppichmesser kräftig anreißen und anschließend mit einer Zange vorsichtig brechen. Die vier Befestigungsstützen für den Print müssen getrennt auf Maß gesägt werden.

Wer besonders sauber arbeiten will, klebt das Gehäuse an allen zu bearbeitenden Stellen mit Selbstklebeband ab, auch dort, wo Löcher gebohrt werden. Die Säge- oder Bruchkanten kann man mit Feile und Schmirgel nachbearbeiten.

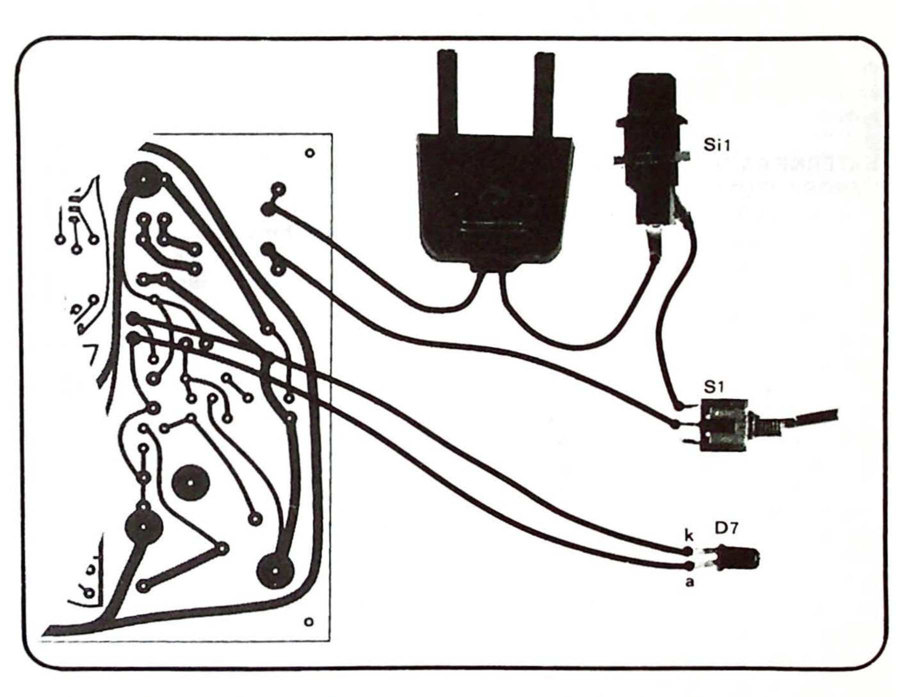
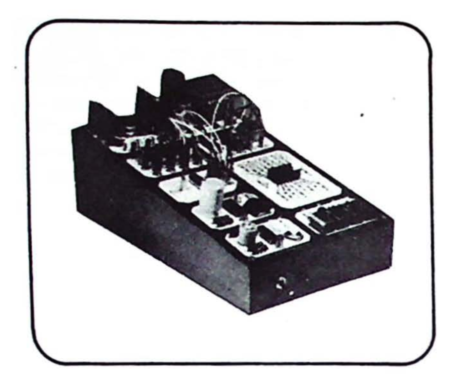


Bild 19. Die externen Bauelemente und ihre Verdrahtung. Mit Ausnahme der LED-Zuleitungen führen alle Kabel Netzspannung; deshalb beim Verdrahten aufpassen und dreimal kontrollieren, ob alles stimmt.



Bei genauer Bearbeitung des Gehäuses paßt der Print, es kann allerdings erforderlich sein, die Löcher für die beiden unteren Befestigungsschrauben auf 2,2 Millimeter aufzubohren.

EXTERNE BAUELEMENTE UND VERDRAHTUNG

Externe Bauelemente sind der Netzschalter, die Netzsicherung, der Netzstecker sowie die Betriebsanzeige-LED D7. Diese Bauelemente kann man wahlweise vorne, seitlich oder hinten montieren.

Setzt man alle nach hinten, so bleibt die gesamte „Hochspannung" (Netz) schön hinten im Gehäuse, so daß es keine langen, die Netzspannung führenden Verbindungen gibt (Bild 19). Es empfiehlt sich dann, die LED D7 auf dem Print zu montieren. Für ihren Anschluß sind zwei Lötaugen ohne Bohrungen vorgesehen. Bringt man an diesen Stellen noch zwei Bohrungen an, so kann die LED hier auf dem Print montiert werden, denn der Platz ist ausreichend.

In der Stückliste ist der Schalter S1 als einpoliger Schalter angegeben. Empfehlenswert - und meist preiswerter - ist ein VDE-geprüfter, doppelpoliger Kippschalter. Statt eines Netzkabels, das fest mit dem TTL-Trainer verbunden ist, kann man auf der Rückseite eine Kaltgerätesteckdose vorsehen; rüstet man sein Heimlabor auf diese Art der Netzverbindung um, so genügen für den Laborbetrieb im allgemeinen vier bis fünf passende Netzkabel; dann sind die Laborgeräte von allen Zug- und Biegeentlastungsproblemen befreit.

Die Feinsicherung ist ein Typ 0,3 Ampere mittel, oder, nach neuerer Norm, 315 Milliampere mittel.

DIE ERSTEN EXPERIMENTE

Bevor es richtig losgehen kann, müssen noch ca. 20, mit Steckschuhen versehene Verbindungskabel (Uniflex) hergestellt werden. Sie sollten eine Länge von 18 bis 20 cm haben.

Beim Einschalten der Speisespannung muß die Betriebsbereitschafts-LED anzeigen. Die LED des Impulsgenerators muß blinken. Beim Drehen am Trimmer muß sich die Blinkfrequenz ändern. Ein kurzer Druck auf den Taster des One Shot Generators muß die LED in diesem Feld für ca. 1 Sekunde zum Leuchten bringen.

Anschließend kann man den Output Indicator testen. Dazu werden die folgenden Verbindungen hergestellt: A - N; B - O; C - P, und D - Q. Durch Betätigen der Schiebeschalter im Feld Input Conditions muß jede LED im Output Indicator zum Leuchten gebracht werden können.

Schließlich erfolgt noch der Test des BCD-Encoders und des BCD/Siebensegment-Decoders. Zu verbinden sind: E - I; J - R; K - S; L - T und M - U. Das Siebensegment-Display muß nun alle Ziffern von Null bis Neun hintereinander in der richtigen Reihenfolge anzeigen. Die Geschwindigkeit des Durchlaufs hängt von der Frequenz des Impulsgenerators ab (Trimmer).

FOLGE -1-

Wolfgang Back

DIE POPULÄRE ECKE

Laßt Kohlen sprechen

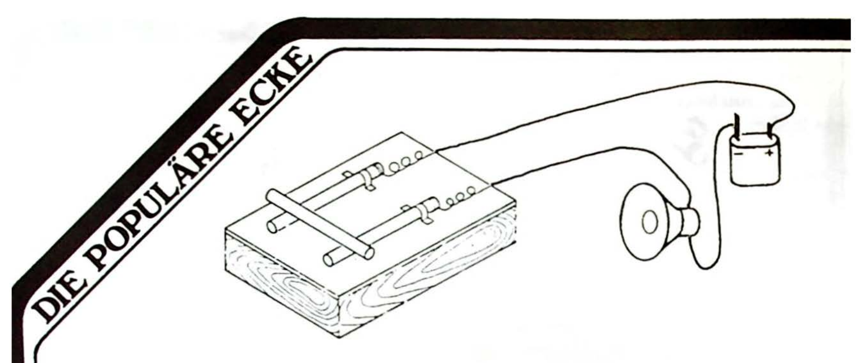
Wie man mit drei Kohlestäbchen, einer Zigarrenkiste, etwas Draht und einer Batterie zu einem durchaus (allerdings mehr schlecht als recht) funktionierenden Mikrofon kommt, soll Sie in der ersten POPULÄREN ECKE zum Nachmachen und vor allem zum Nachdenken anregen.

Um der Kritik, daß P.E. sich nun in die Steinzeit der Elektronik bewegt, vorzubeugen, seien vorab einige Bemerkungen über das „warum" erlaubt.

Ein richtiger Elektroniker kann fast alles: Geht's um Licht, nimmt er einen LDR; geht's um Geruch: einen Gas-Sensor; geht's um Schall: ein Mikrofon; geht's um Temperatur: einen NTC- oder PTC-Widerstand usw.

Und gerade dies „Immerwissenwoundwomit" läßt das Elektronikhobby für Außenstehende oft als Geheimwissenschaft erscheinen. Eigentlich schade, denn je mehr Menschen das Hobby betreiben, um so größer ist der Kreis, mit dem man sich über dieses oder jenes elektronische Problem unterhalten kann.

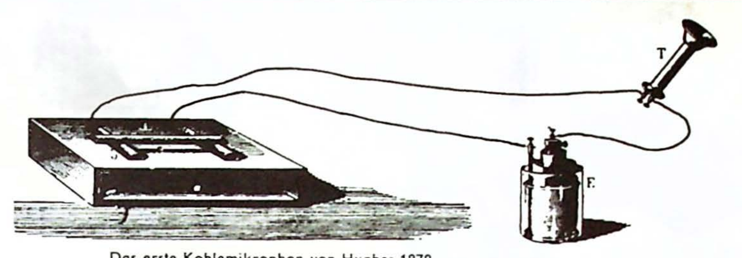
Aber wie fängt man es an, daß der Nachbar oder der Filius Spaß am Verschalten und Löten bekommt? Sicherlich nicht so, daß man als erste Lektion das Innenleben



eines Mikroprozessors wählt - es muß einfach und nachvollziehbar sein. Noch besser: Es muß „begreifbar" sein - im wahrsten Sinne des Wortes.
Wer den Mikrofonbau a la Steinzeit in seinem Bastelrepertoire hat, kann Kinder und Erwachsene gleichermaßen von der Einfachheit und der Nützlichkeit elektronischen Wissens überzeugen.

SO, JETZT GEHT'S ABER LOS

Zuerst einmal müssen wir uns die Kohlestäbchen besorgen. Nicht im Geschäft - denn die „Opfer" sind drei verbrauchte Mono-, Baby- oder Mignonzellen. Der Pluspol ist nämlich - heute wie gestern - aus Kohle. Also: mit einer Zange wird vorsichtig (und nachdem alles Drumherum beseitigt wurde) der Kohlestab herausgezogen; ein paar Hin- und Herbewegungen mit dem Werkzeug lösen den Stab, ohne daß er gleich bricht. Das hätten wir.
Das nächste, was jetzt besorgt werden muß, ist eine Kiste, die gut schwingen kann. Die besten Ergebnisse brachten Zigarrenkisten (5oer-Packung), die noch echt aus Holz gezimmert wurden. Oftmals sind die heutigen Kisten - wie so vieles - aus Plastikmaterial; damit geht es nicht sehr gut. Die Kiste bildet nämlich den Resonanzkörper für unser Mikrofon und muß deshalb große mechanische Amplituden erzeugen können.
Auf die Kiste werden die Kohlestäbe gelegt, und zwar in H-Form. Wie man das Arrangement vornehmen muß, bleibt der Erfahrung überlassen. Man muß jedenfalls tüchtig probieren - ob mehr vor oder mehr zurück - und gerade dies macht die Bastelei so interessant.
Der nächste Schritt ist die Verschaltung der Stäbchen. Die beiden parallelliegenden Kohlestäbchen werden angeschlossen - entweder mit dem Lötkolben, wenn die Metallhülsen am Kopf erhalten blieben, oder durch einfaches Verdrillen eines abisolierten Drahtstückes direkt auf der Kohle.
Nächster Schritt: das Einfügen der Batterie in den Stromkreis. Das Prinzip des Kohlemikrofons ist lediglich das „sprachgerechte" Ein- und Ausschalten des Stromkreises. Deshalb benötigen wir noch eine intakte Stromquelle, um die Sprache auf der anderen Seite hörbar zu machen. Gute Erfolge bringt hier eine 4,5 Volt - Flachbatterie (die Polarität spielt keine Rolle), die einmal billig ist, und auf der anderen Seite das nicht gerade energie-



Das erste Kohlemikrophon von Hughes 1878

sparende Mikrofon einigermaßen lange am Laufen hält.

WIR GEHEN AUF EMPFANG

Da das Mikrofon wirklich nur aus „Schrott" zusammengebaut wurde, sollte man auf der Empfängerseite auch keinen großen Aufwand treiben. Also keinen Verstärker; ein einfacher Kleinlautsprecher (8 - 25 Ohm) oder ein niederohmiger Ohrhörer tut es hier schon. Laut Schaltbild werden die beiden freien Drähte einfach mit der Schallquelle verbunden.
Schwierig kann's höchstens beim Ohrhörer werden. Bitte keinen Kurzschluß zwischen den nahe beieinanderliegenden Kontakten am Klinkenstecker machen. So, jetzt müßte das „Telefon a la Steinzeit" schon funktionieren. Ihnen obliegt es nun, die Qualität der Übertragung zu variieren: Stäbchen mehr nach vorn - großer Widerstand über die Kohlestäbe - Stäbchen mehr nach hinten zu den Anschlüssen - meist schlechtere Qualität aber größere Lautstärke, da mehr Strom fließen kann. Sie müssen es einfach selbst probieren.

Noch ein Tip für Tonbandamateure: Wenn sie die „zwanziger Jahre" auf Band bringen wollen, mit all dem Geknackse und Krächzen damaliger Aufnahmen, so geht es besonders gut mit diesem Primitivmikrofon. Den Abschluß bildet dann nicht ein Lautsprecher, sondern ein Widerstand (z.B. 220 Ohm).
Das Signal wird über einen Kondensator (z.B. 1 Mikrofarad) am Widerstand ausgekoppelt und dem Eingangsverstärker des Tonbands zugeführt. Das andere Ende des Widerstandes verbindet man mit der Verstärkermasse.
Übrigens, dieser Bastelvorschlag - so primitiv er auch ist - kann auf eine lange Geschichte zurückblicken. Im Jahre 1878 erfand den Engländer David Edward Hughes einen neuen elektrischen Gebeapparat, den er auf Grund der Entdeckung der Bewegungsempfindlichkeit sich lose berührender Kohlekontakte entwickelte. Diese Anordnung war so empfindlich, daß Hughes ihr den Namen „Mikrophon" gab.
Es war nichts anderes, als unser selbstgebautes Primitivmikrofon, wie der alte Stich beweist. Wir sind offenbar zu spät geboren, um mit solch schönen Basteleien noch Technikgeschichte machen zu können.

WIE FUNKTIONIERT DAS?

SPEZIELLE DIODEN

LED, Fotodiode, Zenerdiode und Kapazitätsdiode - das sind die Halbleiter-Bauelemente, die in diesem Kapitel besprochen werden. Da diese Halbleiter, namentlich ihre Anwendungen, nicht allzu kompliziert sind, ist die Beschreibung jeweils knapp gehalten; einige Fotos sollen demjenigen, der noch nicht mit den speziellen Dioden Bekanntschaft gemacht hat, einen ersten Eindruck vermitteln.
Mit Nachdruck sei darauf hingewiesen, daß die oben aufgezählten, verschiedenen Diodentypen nicht die einzigen sind. Die hier nicht berücksichtigten Dioden sind jedoch auf Einsatzzwecke zugeschnitten, die mit populärer Elektronik nichts zu tun haben.

DIE LED

Wie nicht anders zu erwarten, ist die Bezeichnung LED eine aussprechbare Zusammenziehung von Anfangsbuchstaben: Licht Emittierende Diode (Light Emitting Diode). Emittieren kommt aus dem Lateinischen und bedeutet aussenden.
Damit steht fest, was die LED ist: eine Kaltlicht-Lampe. Sie hat keinen Glühfaden, der elektrisch geheizt werden müßte. Allerdings ist die Lichtausbeute einer Einzel-LED so gering, daß in absehbarer Zeit nicht daran zu denken ist, sie zur Beleuchtung einzusetzen. Als Kontroll- und Anzeigeleuchte

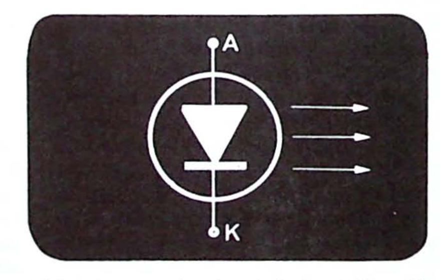
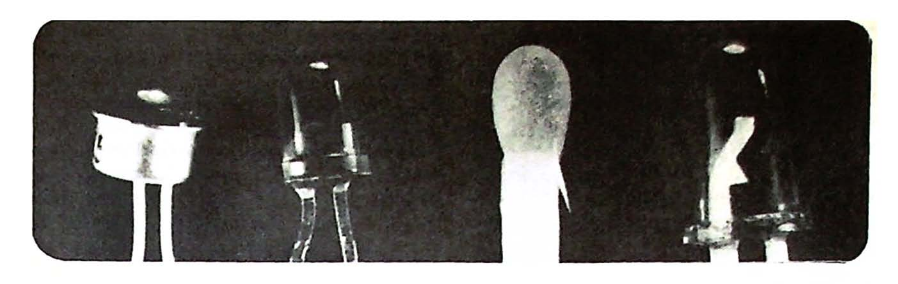


Bild 1. Das gängige Symbol der LEDs: Die Diode mit von der Diode fort weisenden Pfeilen.



Einige LEDs im Größenvergleich zu einem Streichholzkopf. Die meisten LEDs sind in einer transparenten, in der Masse gefärbten Kunststoff-Umhüllung vergossen.

ist sie dagegen gut geeignet, weil ihre Strom- und Spannungsdaten den in Transistorschaltungen üblichen Größenordnungen entsprechen.

In den letzten vier Jahren (die LED ist etwa 6 bis 7 Jahre alt) hat sie sich als Einzel-Element und in 7-Segment-Anzeigen voll durchgesetzt.

Das Schaltsymbol der LED (Diode mit weggerichteten Pfeilen, in P.E. mit zusätzlichem Kreis) ist in Bild 1 angegeben. Das Halbleitermaterial besteht nicht aus den üblichen Elementen Germanium oder Silizium, sondern ist reichlich kompliziert zusammengesetzt. Es handelt sich um einen Mischkristall aus zwei Verbindungen: Galliumarsenid (GaAs) und Galliumphoshid (GaP). Der Wellenbereich, in dem eine LED strahlt (Lichtfarbe), hängt vom Mischungsverhältnis ab. So strahlt eine reine Galliumarsenid-LED im infraroten Bereich (Gedächtnisstütze: Gift und Gallium).

Wie die Germaniumdiode mit 0,3 Volt und die Siliziumdiode mit 0,7 Volt, so hat auch die LED eine Schwellenspannung in Flußrichtung, sie beträgt ca. 1,5 Volt, bei einem üblichen LED-Strom von 10 mA. Diese Schwelle ist in der Graphik Bild 2, im oberen rechten Quadranten eingezeichnet.

Die Graphik zeigt eine weitere Besonderheit der LED. In Sperrichtung, wenn also die Anode A der LED an einer negativen Spannung gegenüber der Kathode liegt, kann die LED nur etwa 1 Volt verkraften, dann

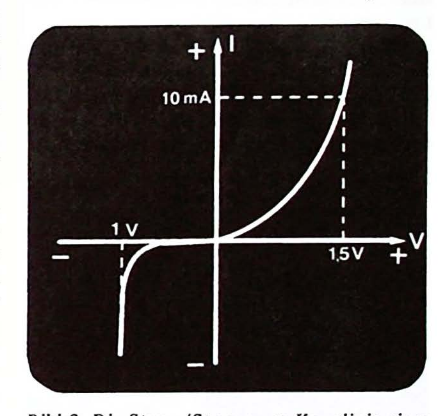


Bild 2. Die Strom/Spannungs-Kennlinie einer LED. Die Schwellenspannung von LEDs ist unterschiedlich, sie liegt meist bei 1,5 Volt. Im linken unteren Quadranten darf die LED wegen ihrer sehr niedrigen maximalen Sperrspannung nicht betrieben werden. Vertauschen der Polarität ist deshalb meist das Ende für Exemplare dieser Halbleiter-Gattung.

schlägt sie durch, d.h. es fließt ein hoher, zerstörender Strom, wenn nicht strombegrenzenden Maßnahmen getroffen werden. Bei Germanium- und Siliziumdioden liegt die Sperrspannung wesentlich höher; die LED ist deshalb als Gleichrichterdiode nicht zu gebrauchen. In der Praxis stört die niedrige Sperrspannung nicht, wenn man aufpaßt, daß die LED nicht irrtümlich in der falschen Richtung eingelötet wird.

ANWENDUNGEN

Bild 3 zeigt die LED in einer Transistorschaltung. Die LED leuchtet, wenn der Strom vom Pluspol der Batterie oder Spannungsquelle über den Kollektorwiderstand Rc, durch die LED D1 und weiter über die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors zum Minuspol zurückfließt. In Bild 3 ist das dann der Fall, wenn der Transistor T mit einem positiven Impuls an der Basis in den Leitzustand gesteuert wird. Solange die Spannung an der Basis „hoch" ist, leuchtet ie LED.

ritisch ist die Dimensionierung der Schalung, d.h. die Bemessung des Widerstanes Rc in der Kollektorleitung und die Wahl der Speisespannung müssen aufeinander und auf die „Bedürfnisse" der LED abgestimmt sein.

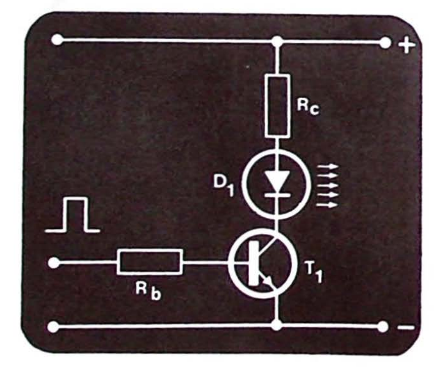


Bild 3. Die LED als Anzeige in einer Transistorschaltung.

Die LED beginnt etwa bei 5 Milliampere ordentlich zu leuchten. Der maximale Strom, den eine LED allgemeinen verarbeiten kann, liegt bei ca. 50 Milliampere. Da es auf jeden Fall ratsam ist, mit der Stromstärke nicht zu nahe an die Grenze des Zulässigen zu gehen und da außerdem die Lichtausbeute der LEDs im oberen Strombereich nur noch wenig mit der Stromstärke zunimmt, ist ein Betriebsstrom von 25 Milliampere zweckmäßig. Im Impulsbetrieb (in Digitalschaltungen) schaltet der Transistor voll durch, d.h. die Spannung, die im Leitzustand zwischen Kollektor und Emitter des Transistors steht, ist praktisch Null. Die Speisespannung Ub verteilt sich demnach auf Widerstand und LED. An der LED steht die Schwellenspannung von 1,5 Volt (Flußrichtung), am Widerstand die restliche Spannung. Es gilt deshalb die Formel:

$$Rc = \frac{\text{Ubat - 1,5 Volt}}{\text{25 Milliampere}}$$

Nimmt man zur Speisung z.B. eine 4,5 Volt-Flachbatterie, dann folgt:

$$Rc = \frac{\text{4,5 Volt - 1,5 Volt}}{\text{25 Milliampere}} = \frac{\text{3 V}}{\text{25 mA}} = \frac{\text{3000 Milli-Volt}}{\text{25 Milli-Amp.}} = \text{120 Ohm}$$

Ein anderes Beispiel: in Kassetten-Geräten beträgt die Speisespannung häufig 7,5 Volt. Nach der Formel müßte der Widerstandswert 240 Ohm betragen. Da der LED-Strom ohne weiteres etwas höher oder niedriger als 25 Milliampere sein darf, wählt man einen gängigen Wert, z.B. 220 Ohm oder 270 Ohm.

EIGENSCHAFTEN VON LEDS

LEDs haben einige essentielle Vorteile gegenüber anderen Lichtquellen.

- trägheitslose Lichtstärke-Modulation. Eine LED muß nicht - wie eine Glühlampe - erst

warm werden, bevor sie Licht abgibt. Deshalb kann man das Licht einer LED mit relativ hohen Frequenzen in seiner Intensität modulieren. Im Prinzip kann man deshalb ein drahtloses Kommunikationssystem aufbauen, ohne Gegenmaßnahmen von Seiten der Post befürchten zu müssen.

- monochromatisches Licht. Das Licht einer LED ist „einfarbig", deshalb läßt es sich gut filtern. Diese Eigenschaft („mono - chromatisch") kann jedoch auch nachteilig sein. Ordnet man z.B. vor einer roten LED ein grünes Filter an, so kommt praktisch kein Licht mehr durch.
- praktisch unbegrenzte Lebensdauer. Da die LED nicht warm wird, altert sie kaum, und es gibt kein „Durchbrennen", wie bei einer Glühlampe. Die LED ist deshalb als Kontrolleuchte außerordentlich zuverlässig.

Ein Nachteil der LED ist die Tatsache, daß sie nur für eine „Brennspannung", nämlich 1,5 Volt Gleichspannung hergestellt werden kann. Wechselspannungsbetrieb oder andere Nennspannungen sind nicht realisierbar. Dies stört um so mehr, je höher die Betriebsspannung in einer Schaltung ist. Der Vorwiderstand, an dem die überschüssige Spannung „vernichtet" wird, nimmt um so mehr Leistung auf, je höher die Spannung ist. Er muß leistungsmäßig entsprechend dimensioniert werden, erzeugt eine Menge Wärme, die es möglichst ohne Erwärmung anderer Bauteile abzuführen gilt, außerdem geht die elektrische Energie, die zur Erzeugung der Wärme „verbraten" wird, nutzlos verloren. Preislich sind sowohl Einzel-LEDs als auch Zifferndisplays längst konkurrenzfähig.

DIE FOTODIODE

Die Fotodiode ist sozusagen das Gegenstück der LED. Der einzige Unterschied im Schaltsymbol (Bild 4) ist die umgekehrte Pfeilrichtung, die Pfeile weisen bei der Fotodiode nach innen, weil dieses Halbleiterbauelement auf Licht reagiert.

Im Gegensatz zur LED, die in Flußrichtung betrieben wird, arbeitet eine Fotodiode in Sperrichtung. Ihre Wirkung beruht auf der Erscheinung, daß der Leckstrom oder Reststrom in Sperrichtung zunimmt, wenn Licht auf die Diode fällt. Der Zusammenhang zwischen Lichtmenge und Stromstärke ist in einem bestimmten Bereich linear. Der Dunkelwiderstand ist, wie bei einer gewöhn-

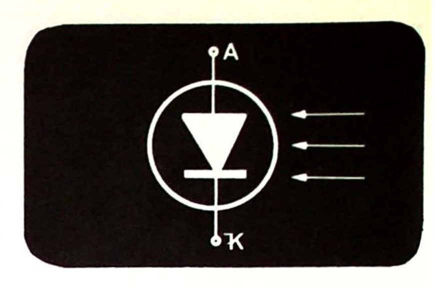


Bild 4. Schaltsymbol der Fotodiode. Zu beachten ist die Richtung der Pfeile.



Blick in eine Infrarot-LED. Die Halbleiter-Scheibe und der Kontaktdraht sind zu erkennen.

lichen Diode der Sperrwiderstand, sehr hoch. Je größer die Lichtmenge ist, die durch die Linse auf den Halbleiter fällt, um so geringer ist der Widerstand der Fotodiode.

Dank dieser Eigenschaft kann eine LED mit einer Fotodiode zu einem Opto-Koppler (optisch-elektronisches Koppelelement) zusammengebaut werden. Der Opto-Koppler gestattet es, ein Signal von einer Schaltung zu einer anderen zu übertragen, ohne daß eine galvanische (elektrisch leitende) Verbindung zwischen den beiden Schaltungen erforderlich ist.

Bild 5 zeigt dies an einem Beispiel. Die LED und die Fotodiode sind optisch gekoppelt, d.h. die beiden Bauelemente sind in einem lichtdichten Gehäuse so angeordnet, daß die LED die Fotodiode beleuchtet. Das gemeinsame Gehäuse ist in Bild 5 als stadionförmiges Oval angedeutet.

Der linke Teil der Schaltung in Bild 5 ist die bereits aus Bild 3 bekannte LED-Steuerschaltung. Ein positiver Impuls steuert den Transistor T1 zeitweise in den Leitzustand. Während dieser Impulszeit fließt Strom durch die LED, sie leuchtet. Der Widerstand der Fotodiode nimmt aufgrund der Beleuchtung ab, sie leitet. Über R3 und die Fotodiode fließt nun Basisstrom im Transistor T2, auch dieser leitet nun, es fließt Strom vom (rechten) Pluspol, durch R5 und die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors T2 nach Minus. Der Strom erzeugt einen Spannungsabfall an R5, die Spannung am Kollektor wird fast Null, bezogen auf die Spannung am Emitter.

Auf diese Weise entsteht am Kollektor von T2 ein Impuls, der zeitlich mit dem Steuerimpuls an der Basis von T1 zusammenfällt. Jedoch ist der Impuls invertiert, aus dem positiven ist ein negativer Impuls geworden. Diese Signalübertragung ist möglich, obwohl keine elektrische Verbindung zwischen dem „Sender" links und dem „Empfänger" rechts besteht.

Derartige Schaltungen haben ihre typische Anwendungen dort, wo ein Gerät direkt am Netz, also nicht über einen Trenntransformator betrieben wird und dieses Gerät

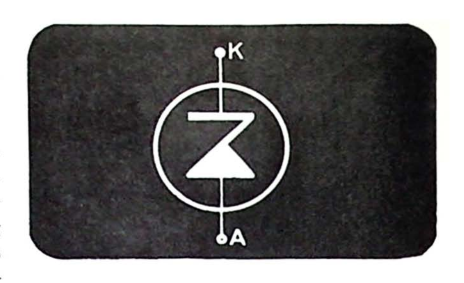


Bild 6. Das Schaltsymbol einer Zenerdiode. Das Symbol der normalen Diode ist zu einem „Z" erweitert.

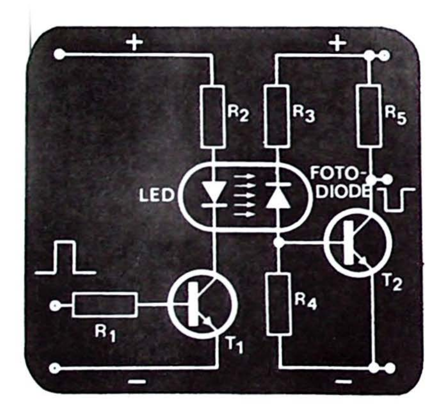


Bild 5. Eine LED und eine Fotodiode bilden einen Optokoppler; sie befinden sich in einem lichtundurchlässigen Gehäuse und sind so zu arrangieren, daß die LED die Fotodiode beleuchtet.

außerdem noch elektronisch gesteuert werden soll, z.B. Lichtorgeln oder Lichtdimmer. Der Teil des Gerätes, das die Bedienungselemente enthält, kann durch die optische Kopplung (oder Trennung, wenn man will) vom übrigen Teil galvanisch getrennt werden.

DIE ZENERDIODE

Von den „Spezialdioden" ist die Zenerdiode wohl die bekannteste. Wegen ihre Bedeutung sollen hier trotzdem die wichtigsten Eigenschaften und typischen Anwendungen kurz besprochen werden.

Wie bereits die Fotodiode, arbeitet auch die Zenerdiode in Sperrichtung (Bild 6). LED = Durchlaßrichtung

Legt man an eine Diode eine Spannung in „falscher" Polarität und erhöht die Spannung, so kommt ein Punkt, bei dem die Diode durchschlägt. Dieser Punkt wird als Sperrspannung bezeichnet. Der Strom, der nach Überschreiten der Sperrspannung fließt, zerstört im allgemeinen den Halbleiter.

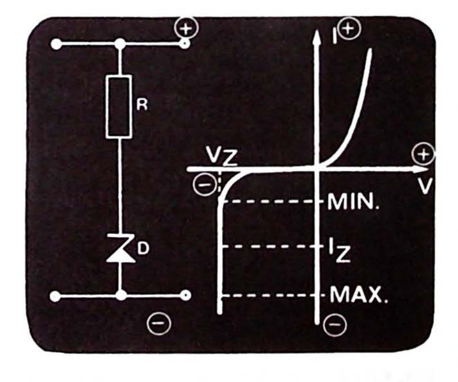


Bild 7. Die Strom/Spannungs-Kennlinie einer Zenerdiode. Von Interesse ist hier der linke untere Quadrant, denn die Zenerdiode wird in Sperrichtung betrieben.

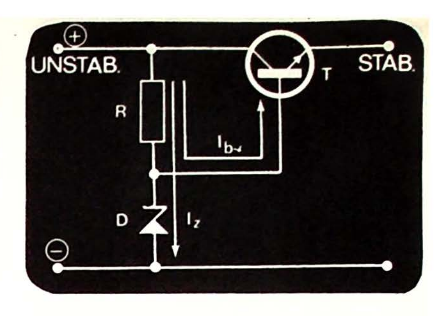


Bild 8. Ein einfacher, aber wirkungsvoller Spannungsstabilisator.

Bei der Anwendung der Zenerdiode sorgt ein in Serie geschalteter Widerstand dafür, daß der Durchbruchstrom auf einen ungefährlichen Wert begrenzt bleibt. Es zeigt sich dann, daß die Spannung über der Diode, die sogenannte Zenerspannung Uz, in einem weiten Bereich ziemlich unabhängig von der Höhe des Durchbruchstromes ist. Bild 7 zeigt diese Eigenschaft deutlich; bei Uz verläuft die Kennlinie im Sperrbereich fast senkrecht.

Bei der praktischen Anwendung der Zenerdiode berechnet man den Vorwiderstand R so, daß der Zenerstrom Iz in dem zulässigen Bereich zwischen den mit Min. und Max. bezeichneten Grenzen liegt. Die Berechnung ist sehr einfach. Am Widerstand steht die Speisespannung, vermindert um die Zenerspannung. Aus dieser Differenz und dem Strom, bei dem man die Zenerdiode betreiben will, errechnet man nach dem Ohmschen Gesetz den Widerstand.

Die Schaltung in Bild 7 kann im Prinzip bereits als Spannungsstabilisator dienen; zwischen dem oberen Anschluß der Zenerdiode (Kathode) und dem unteren, der an Minus liegt, ist die Spannung ziemlich unab-

hängig von Schwankungen der Speisespannung. Allerdings ist diese Schaltung kaum belastbar, wenn nicht der Widerstand und die Zenerdiode für entsprechende Leistungen dimensioniert werden, was selbstverständlich teuer ist.
Bild 8 zeigt eine bessere Lösung. An der stabilen Spannung über der Zenerdiode liegt die Basis eines Transistors. Die Spannung am Emitter ist um ca. 0,7 Volt geringer als die Zenerspannung. Der Transistor selbst wird am Kollektor mit der unstabilisierten Spannung gespeist; am Emitter steht fast die volle Leistung zur Verfügung, welche die Spannungsquelle (z.B. ein Netztrafo mit Gleichrichter und Ladekondensator) hergibt, aber die Stabilität der Ausgangsspannung gegen Schwankungen der (unstabilisierten) Speisespannung und gegen Laständerungen ist so gut wie an der Zenerdiode, die nur ganz wenig belastet wird.
Die Werte der Zenerspannungen sind gestaffelt, wie z.B. die Widerstandswerte. Gängig sind Werte im Bereich von 4,7 Volt bis 33 Volt, die zulässige maximale Verlustleistung (Zenerspannung mal Zenerstrom) beträgt bei diesen gängigen Typen 400 Milliwatt.

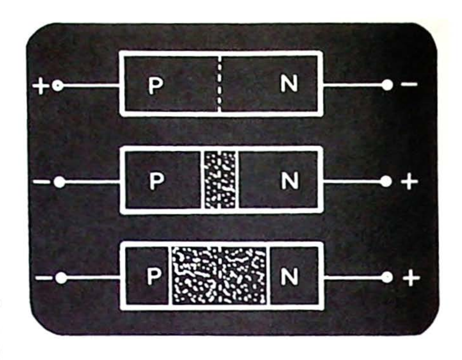


Bild 10. Bei einer in Sperrichtung betriebenen Diode (mitte und unten) bildet sich eine in der Dicke spannungsabhängige Sperrschicht aus.

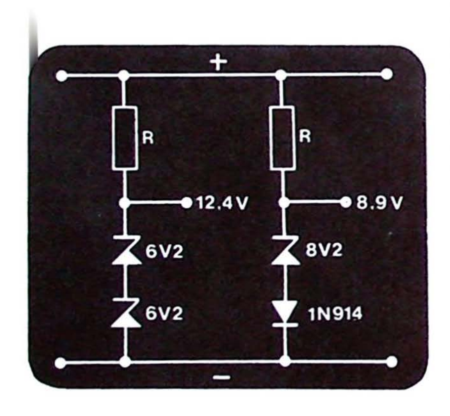


Bild 9. Variationen zum Thema Zenerdioden. Parallelschalten von Zenerdioden ist zwar nicht unbedingt verboten, ergibt aber keinen Sinn, da die Zenerspannungen immer unterschiedlich sind, so daß doch nur eine Diode in Betrieb ist.

Abschließend noch zwei Tips für die Praxis. Zenerdioden können in Serie geschaltet werden, die gesamte Zenerspannung ist dann die Summe der Einzelwerte.
Wird in einer Schaltung ein „krummer" Wert benötigt, z.B. 7,5 Volt, so kann man eine Zenerdiode von 6,8 Volt mit einer gewöhnlichen Siliziumdiode in Reihe schalten. Zu der Zenerspannung von 6,8 Volt addiert sich dann die Schwellenspannung der Si-Diode von 0,7 Volt. Die Diode ist selbstverständlich in Flußrichtung zu schalten (Bild 9).

DIE KAPAZITÄTSDIODE

Bild 10 zeigt den Aufbau einer solchen Diode. In Flußrichtung, wenn an der mit P bezeichneten Seite eine positive Spannung angeschlossen ist, leitet der PN-Übergang

(gestrichelte Linie), wenn die Spannung höher als 0,7 Volt ist (bei einer Siliziumdiode).
Vertauscht man die Polarität und betreibt die Diode in Sperrichtung, und zwar unterhalb der maximalen Sperrspannung, damit es nicht zum Durchbruch kommt, dann entsteht eine Sperrschicht im Bereich des Übergangs. Diese Sperrschicht ist um so dicker, je höher man die Sperrspannung macht (in Bild 10 mitte und unten, übertrieben dargestellt). Zwischen der P- und der N-Zone ist, wie bei den Platten eines Kondensators, eine Kapazität meßbar. Die Dicke der Sperrschicht bestimmt den Abstand der Zonen zueinander; je dicker die Sperrschicht ist, um so geringer die Kapazität, und umgekehrt. Da die Sperrschichtdicke spannungsabhängig ist, läßt sich die Kapazität mit der Spannung einstellen bzw. verändern.

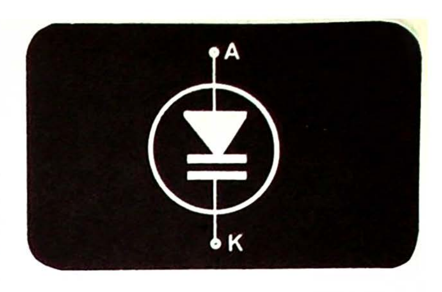
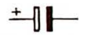
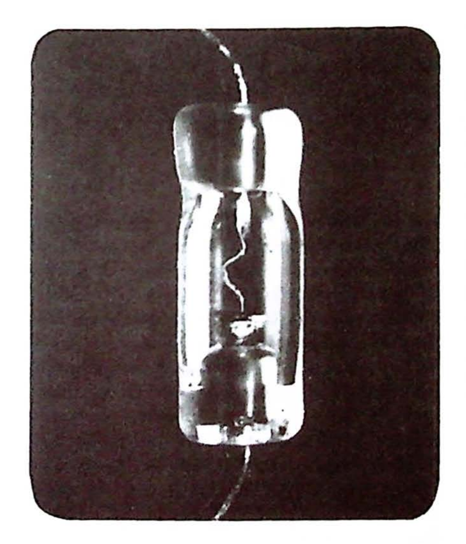


Bild 11. Das Schaltsymbol der Varicap-Diode.

Bild 11 zeigt das Schaltungssymbol der Kapazitätsdiode (genauer: Kapazitätsvariationsdiode, auch Varicap genannt). Was läßt sich mit diesem Bauelement anfangen? Da die absolute Kapazität dieser Diode sehr gering ist, gibt es nur Hochfrequenzanwendungen. Schaltet man eine Varicap z.B. parallel zu einem frequenzbestimmenden Kondensator in einem HF-Oszillator, so kann man durch Ändern der Spannung der Varicap die Oszillatorfrequenz beeinflussen. Dieses Prinzip wird heute in Fernsehempfängern und UKW-Tunern angewendet. Statt an einem Drehkondensator zu schwengeln, drückt man einen Taster oder Sensor, der eine bestimmte, vorher eingestellte Spannung an die Varicaps legt.





Wer im Glashaus sitzt, muß sich Einblicke gefallen lassen. Manchen „alten Hasen" dürfte dieses Bild an seinen Kristalldetektor erinnern.

Basisbreite-Einsteller in Modultechnik

- Verstärkung: -1 dB
- Übertragungsbereich: 10 Hertz bis 100 Kilohertz (-1 dB)
- Aussteuerungsbereich: 1 Volt
- Von Mono über Stereo bis Superstereo

Wenn der Funktions- und Baubeschreibung des Basisbreite-Einstellers zunächst ein längeres Kapitel über stereofone Wiedergabe vorangestellt ist, dann nicht etwa deshalb, weil zum Verständnis der Wirkungsweise eines Basisbreite-Einstellers jede Menge Grundlagenwissen erforderlich ist. Zahlreiche Leser dürften über Stereofonie, dank ihrer Popularität, ausreichend informiert sein, zumal es eine Menge Literatur dazu gibt. Diese Literatur jedoch geht meist mit erheblichem Aufwand an Graphiken, Formeln und Papier in die Details, so daß es leicht passieren kann, daß man nachher vor lauter Bäumen den Wald nicht mehr sieht, bzw., daß man sich nach Einverleibung der Theorie nicht mehr traut, ein stereophones Hörerlebnis gehörmäßig zu beurteilen. Die Fachzeitschriften sind nach Abebben der Kunstkopfeuphorie mit der Diskussion der noch wesentlich komplizierteren Quadrofonie voll beschäftigt.
Deshalb ist ein knapper, populär gehaltener Grundlagenbeitrag zur Stereofonie angebracht. Populär besagt hier, daß formelle oder graphische Beweise für Behauptungen nicht geliefert werden und daß gelegentlich auf exakte, aber leicht unverständliche Bezeichnungen verzichtet wird.

RÄUMLICHE WIEDERGABE

Der Mensch kann mit seinen zwei Ohren räumlich hören, er kann nämlich die Richtung und Entfernung einer Schallquelle ungefähr angeben, ohne die Schallquelle zu sehen.

Als nächstes Modul der Modulserie 1 wird hier der Basisbreite-Einsteller beschrieben. An der Reihe wäre eigentlich laut Hitparade das Rauschfilter, aber bei diesem Modul gilt es noch eine Frage der Bauteilebeschaffung zu klären. Mit dem Basisbreite-Einsteller erweitern sich die Möglichkeiten der Klang-bzw. Wiedergabe-Effekte einer NF-Anlage in zweierlei Hinsicht.
Zunächst kann man das bekannte akustische "Loch" auffüllen, welches entsteht, wenn man aufgrund räumlicher Gegebenheiten gezwungen ist, die beiden Lautsprecher einer Stereoanlage weiter auseinander anzuordnen, als aufgrund der bekannten und durch Erfahrung gesicherten Gesetze richtig wäre. Das Klangbild ist dann unnatürlich, weil zwischen den Boxen eine Zone auftritt, aus der kein Schall kommt. Mischt man dem linken Kanal einen Teil des Signals für den rechten Kanal hinzu und umgekehrt, dann wird das Klangbild besser. Bei diesem Vorgang wird die Kanaltrennung verringert, was in der Fachsprache als Verminderung der Übersprechdämpfung bezeichnet wird.
Zum Zweiten kann man mit dem Basisbreite-Einsteller bei gegebener schlechter Übersprechdämpfung diese verbessern, auf deutsch also eine bessere Kanaltrennung bewirken. Eine schlechte Kanaltrennung (Übersprechen) kann von einem FM-Tuner mit schlechtem Stereo-Dekoder oder mit schlecht abgeglichenem Stereo-Dekoder verursacht werden. Durch Verbesserung der Kanaltrennung wird das Stereo-Klangbild - der "Stereo-Effekt", wenn man es so nennen will, schärfer.
Die beiden Effekte des Basisbreite-Einstellers sind also gegensinnig.
Das Modul ist für die allgemeine 25 Volt-Speisespannung der P.E.-Modulserie ausgelegt; auch die Ein- und Ausgänge sind so angeordnet, daß sich kürzeste Verbindungen zu den andern Moduln ergeben.

Die physikalischen und physiologischen Vorgänge beim räumlichen Hören sind nicht vollständig geklärt; verantwortlich sind mit großer Wahrscheinlichkeit Laufzeitunterschiede der beiden Wellenzüge, die von der Quelle zu den beiden Empfängern gelangen, so daß Phasenunterschiede der Signale auftreten, sowie die Richtungsempfindlichkeit der Ohren.

Die unterschiedlichen Informationen, welche die Ohren von einem Schallereignis erhalten, sowie die Erfahrung im Hören und Orten, gestatten es, die Schallquelle zu lokalisieren.

Schallereignisse so aufzuzeichnen, zu übertragen und wiederzugeben, daß auch der räumliche Eindruck erhalten bleibt, ist mit der Stereofonie möglich.

Bei der Aufzeichnung dient nicht mehr nur ein registrierendes Element, etwa ein Mikrofon, zum Auffangen des Schalls, sondern deren zwei. Die beiden, in elektrische Signale umgewandelten Schallsignale wurden bei den Schallplatten zunächst in zwei getrennten Spuren untergebracht (dies waren die ersten Experimente), heute tragen die beiden Rillenwände einer Spur die Information.

Bei der Wiedergabe werden die beiden Signale getrennt abgetastet, verstärkt und über zwei Lautsprecher wiedergegeben. Der Zweck dieses Systems ist es, das im Studio vom linken Mikrofon aufgefangene Schallsignal bei der Wiedergabe über den linken Lautsprecher zu leiten, des rechte Mikrofonsignal über den rechten Lautsprecher.

In der Praxis funktioniert die Sache aller-

dings nicht hundertprozentig. Die Elektronik ist nicht frei von Mängeln; deshalb wurde der Begriff Übersprechdämpfung eingeführt.

ÜBERSPRECHEN UND KANALTRENNUNG

Das Schallsignal wird, wie aus obigem Abschnitt hervorgeht, auf zwei Kanälen von der Quelle (z.B. Orchester im Studio) zum Verbraucher (Hörer vor seiner Wiedergabeanlage) transportiert. Die Information des linken Kanals darf selbstverständlich nicht, auch nicht teilweise, im rechten Kanal enthalten sein, und umgekehrt. In der Praxis ist dies nicht der Fall. Das Abtastelement, der Diamant oder Saphir, muß zwei Bewegungen gleichzeitig ausführen, wenn es der in der Rille gespeicherten Weg-Information folgt. Diese Bewegungen beeinflussen sich wechselseitig, so daß aus jedem Kanal ein Teil der Information in den anderen gelangt. Die Kanaltrennung ist also nicht hundertprozentig.

Dies gilt auch für Tonbandgeräte. Die beiden Signale werden auf zwei Spuren aufgezeichnet, die nebeneinander auf dem Band liegen. Bei der Aufnahme erzeugen die beiden Magnetköpfe zwei magnetische Felder, die das Band magnetisieren. Die Magnetfelder durchdringen sich gegenseitig, so daß es auch hier

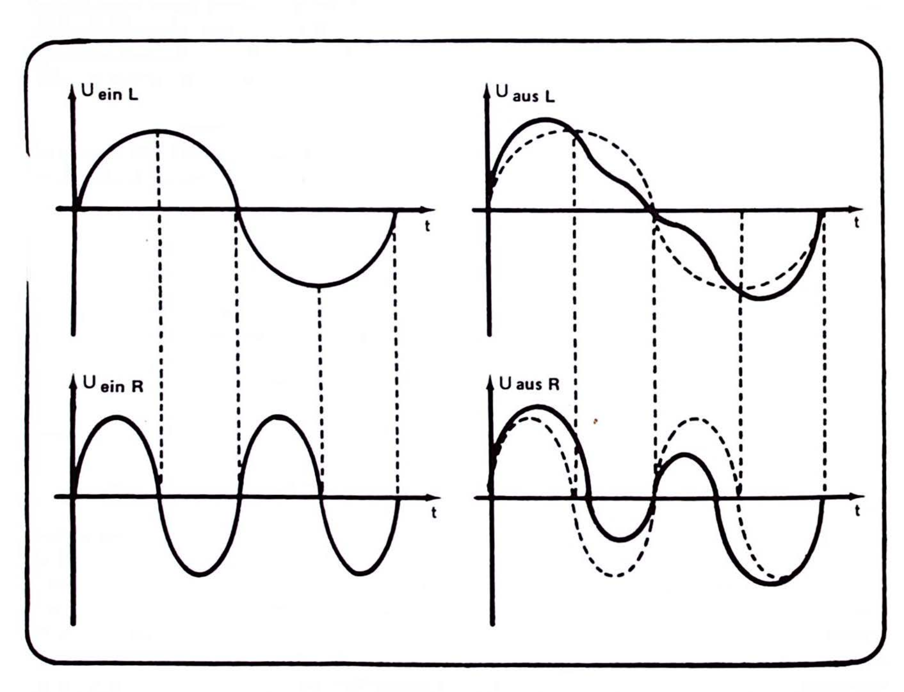


Bild 1. Übersprechen zwischen zwei Kanälen einer Stereo-Übertragungsanlage. In jedem Kanal erscheint ein Anteil des „fremden" Signals.

zum Übersprechen kommt; der Effekt ist zwar gering, aber meßbar. Wollte man das Übersprechen verhindern, so müßte der Spur- und der Kopfabstand vergrößert werden. Dies wäre jedoch nur unter Verwendung eines breiteren Bandes möglich. Die gegenwärtige "Bandbreite" ist ein brauchbarer Kompromiß zwischen Qualität und Preis.

Bild 1 zeigt grapisch, was beim Übersprechen passiert. Links sind die beiden ursprünglichen, voneinander getrennten Signale der zwei Kanäle dargestellt. Der Einfachheit halber sei angenommen, daß in beiden Kanälen sinusförmige Signale zu übertragen sind, dabei ist die Frequenz des Signals im rechten Kanal doppelt so hoch wie im linken.

Wenn die beiden Signale ein System durchlaufen haben, in dem Übersprechen zwischen den Kanälen stattfindet, sehen sie (übertrieben dargestellt) so aus, wie in Bild 1 rechts. Die gestrichelten Wellenzüge sollten herauskommen, es sind die Originalsignale. Als Folge der nicht vollständigen Kanaltrennung erscheinen jedoch die beiden durchgezogenen Wellenzüge, beide bestehen aus dem Original und einem Teil des Signals vom anderen Kanal.

Damit ist klar, warum man eine vollständige Kanaltrennung anstrebt. Für jedes Stereo-Gerät bzw. für jede zweikanalige Übertragungsstrecke läßt sich der Grad, in dem Übersprechen stattfindet, messen und ausdrücken. Die Größe, die hierfür gewählt wurde, ist die sogenannte "Übersprechdämpfung". Diese Größe mit der Maßeinheit dB (Dezi-Bel) bringt demnach zum Ausdruck, in welchem Maße Übersprechen *nicht* stattfindet, in welchem Maße also die Kanäle getrennt sind. Die Kanaltrennung ist um so besser, je höher die dB-Zahl der Übersprechdämpfung ist.

DAS LOCH IM KLANGBILD

Eine ausreichende Kanaltrennung, die im obigen Abschnitt besprochen wurde, ist nur eine von zahlreichen Vorraussetzungen für eine gute und vor allem räumliche Wiedergabe. Die häufigste Ursache für einen unbefriedigenden räumlichen Eindruck ist die Tatsache, daß Aufnahmeraum (Studio oder Konzertsaal) und Wiedergaberaum auf jeden Fall unterschiedliche akustische Eigenschaften haben. Außerdem ist man nicht immer frei in der Wahl der Aufstellungsorte für die Lautsprecher, so daß diese häufig nicht so stehen, wie die Mikrofone im Aufnahmeraum.

Unter den genannten Umständen kann es vorkommen, daß bei der Wiedergabe ein "Loch" im Stereo-Klangbild auftritt. Hört man z.B. ein orchestrales Musikwerk, so kann es passieren, daß sich die Musikanten offenbar parteipolitisch verhalten: Die einen scharen sich um einen linken Lautsprecher, die anderen um einen rechten. Dazwischen ist Niemandsland.

Das Loch läßt sich immer beseitigen, wenn man die Boxen beliebig anordnen könnte. Es gibt für dieses Problem aber auch eine rein elektronische Lösung: die „künstliche" Verringerung der Übersprechdämpfung, gewolltes Übersprechen zwischen den Kanälen. Was man unter Basisbreite versteht, könnte man etwa so ausdrücken: Die Basisbreite ist ein Maß für den vom Zuhörer empfundenen räumlichen Eindruck einer stereofonen Wiedergabe. Wenn der räumliche Eindruck, den man empfindet, mit dem erwarteten „Maß an Räumlichkeit" übereinstimmt, dann stimmt die Basisbreite. Tritt zwischen den Lautsprechern ein „Loch" auf oder hat man den Eindruck, daß die Musiker dichtgedrängt auf einer zu kleinen Bühne sitzen, dann stimmt die Basisbreite nicht. Im ersten Fall ist sie zu groß, im zweiten zu klein.

Um einer falschen Basisbreite abzuhelfen, ohne an der Aufstellung der Boxen etwas zu ändern oder den „Standort" des Zuhörers zu wechseln, kann man mit elektronischen Mitteln tricksen. Bei zu großer Basisbreite mischt man einen Teil des linken Sig-

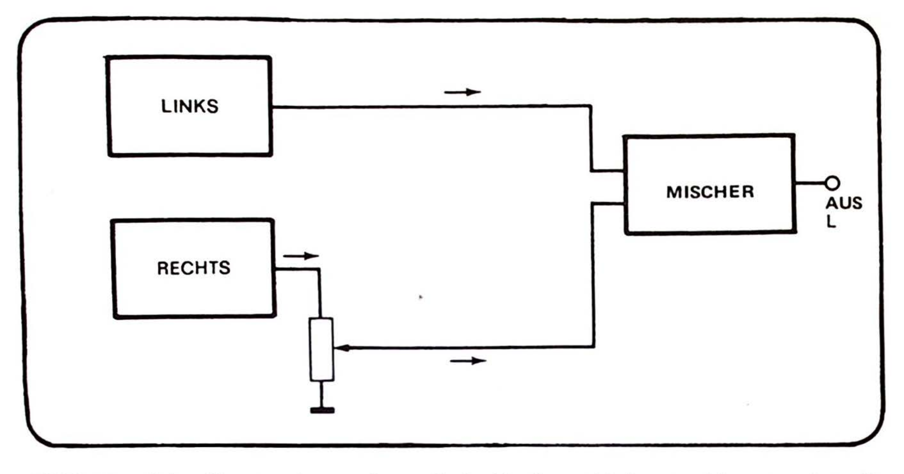


Bild 2. Künstliches Übersprechen verringert die Basisbreite und bringt zwei Lautsprecher, die ungünstig aufgestellt sind, mit rein elektronischen Mitteln näher zueinander.

als in den anderen Kanal und umgekehrt. Bei zu geringer Basisbreite kann man den Signalanteil des rechten Kanals, der sich „zu Unrecht" im linken Kanal befindet, aus dem linken Kanal entfernen.

Wie die beiden Schaltungen aussehen, mit denen sich solche Korrekturen durchführen lassen, wird in den nächsten Abschnitten erläutert. Anschließend werden die beiden Funktionen zu einer gemeinsamen Schaltung kombiniert.

VERRINGERN DER BASISBREITE

Bild 2 zeigt das Prinzip zur Erzeugung des „künstlichen" Übersprechens zwischen zwei Kanälen. Es ist zu beachten, das nur der linke Kanal betrachtet wird. Für den rechten Kanal gilt sinngemäß dieselbe Schaltung.

Die beiden Blöcke links im Bild sind zwei Eingangsverstärker, sie bereiten die Signale des rechten und des linken Kanals so auf, daß man alles damit anstellen kann, was zum Verringern und Vergrößern der Basisbreite notwendig ist.

Der Block rechts ist ein Mischer, er ist selbstverständlich notwendig, da ein Teil des Signals vom rechten Kanal dem linken Signal hinzugemischt werden muß.

Der Ausgang des linken Vorverstärkers ist unmittelbar mit einem Eingang des Mischers verbunden; dies hat zur Folge, daß am Ausgang des Mischers das linke Signal mit voller Amplitude erscheint. Deshalb trägt der Ausgang dieses Mischblocks die Zusatzbezeichnung L (Links).

Der Ausgang des rechten Vorverstärkers führt über ein Potentiometer zum zweiten Eingang des Mischers. Mit dem Poti stellt man den Anteil des rechten Signals ein, der über den Mischer dem vollständigen linken Signal hinzugefügt wird.

Steht das Poti in seiner unteren Anschlag-

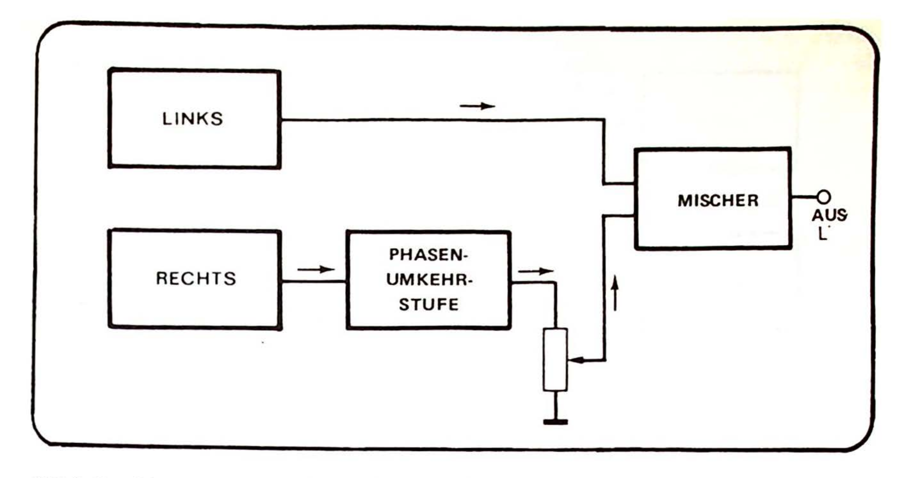


Bild 3. Beseitigen von vorhandenem Übersprechen.

stellung, so wird nichts gemischt, weil nur das linke Signal am Mischereingang steht. Die Schaltung hat in dieser Situation überhaupt keine Funktion.

Steht das Poti in der oberen Anschlagstellung, dann werden linkes und rechtes Signal gemischt, beide mit voller Amplitude. Am Ausgang des Mischers steht dann die Summe der Signale aus beiden Kanälen. Dabei bleibt vom Stereo-Effekt, von der beabsichtigten räumlichen Wiedergabe, nichts mehr übrig. Aus dem Stereosignal ist ein Monosignal geworden. Die Übersprechdämpfung ist in diesem Fall Null dB.

In den Zwischenstellungen des Potentiometers mischt man einen mehr oder weniger großen Anteil des rechten Signals dem linken Signal hinzu.

Geht man davon aus, daß die Übersprechdämpfung zwischen dem rechten und dem linken Kanal an den Verstärkereingängen links unendlich ist (vollständige Kanaltrennung), dann kann man mit dem Poti den Bereich von völliger Kanaltrennung bis zum vollständigen Übersprechen „durchfahren". Die Basisbreite ist demnach zwischen Stereo und Mono beliebig breit einstellbar.

VERBESSERUNG DER KANALTRENNUNG

Das in jedem zweikanaligen Übertragungssystem auftretende, unerwünschte Übersprechen verringert die Basisbreite. Wenn es gelingt, den durch Übersprechen in den linken Kanal gelangenden Anteil des rechten Signals zu beseitigen, dann entsteht das ursprüngliche, reine Stereosignal des linken Kanals.

Bild 3 zeigt zunächst links wieder die bekannten Eingangsverstärker, auch der Mischer ist wieder erforderlich; auf ihn gelangt das vollständige linke Signal, wie

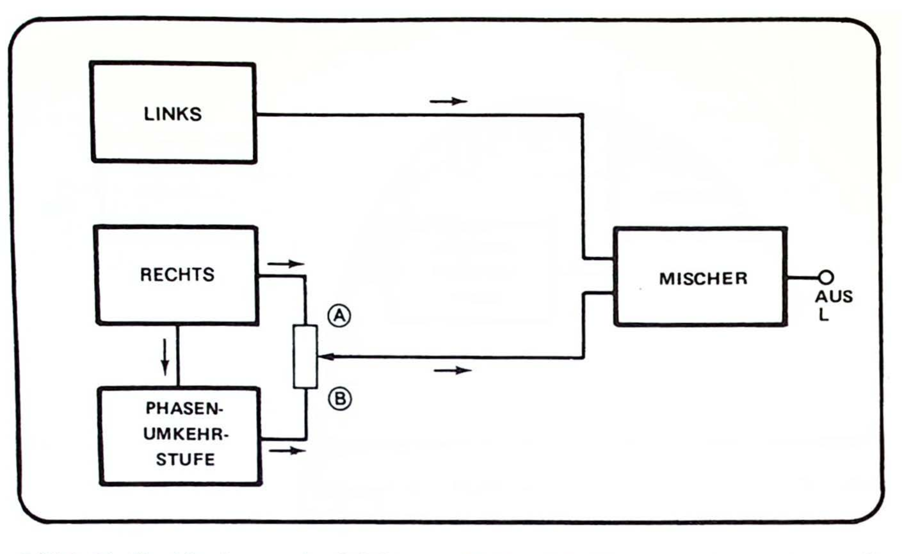


Bild 4. Die Kombination aus den Schaltungen Bild 2 und 3. Diese Darstellung zeigt nur die Maßnahmen für den linken Kanal. Der rechte Kanal ist identisch in seiner Funktion.

bereits in der Schaltung Bild 2.

Der wesentliche Unterschied zu Bild 2 ist, daß hinter dem Eingangsverstärker des rechten Kanals eine sogenannte Phasenumkehrstufe liegt. Diese Funktionseinheit kehrt die Signalwechselspannung in ihrer Polarität um. Eine solche Schaltung wurde im Beitrag Tremolo/Leslie, P.E. Nr. 5 und 6 ausführlich beschrieben, deswegen erfolgt hier keine detaillierte Erläuterung.

Die beiden Signale am Ein- und am Ausgang der Phasenumkehrstufe haben eine übereinstimmende „Größe" (Amplitude). Wenn jedoch das Signal am Eingang gerade positiv ist, dann hat das Signal am Ausgang negative Polarität, und umgekehrt. Hat die Eingangsspannung zu einem bestimmten Zeitpunkt z.B. den Wert +1 Volt, dann ist die Ausgangsspannung zu demselben Zeitpunkt -1 Volt. Man kann nun folgendes gedankliche Experiment anstellen: die Ein- und die Ausgangsspannung der Phasenumkehrstufe addieren. Da die Amplituden immer gleich sind, die Polaritäten jedoch immer ungleich, ist das Ergebnis dieser Addition immer Null.

Mit einer Phasenumkehrstufe ist es möglich, den im linken Kanal enhaltenen rechten Signalanteil zu beseitigen. Angenommen, zu einem bestimmten Zeitpunkt sei im linken Kanal das Signal des rechten Kanals mit einer Amplitude von +100 Millivolt vorhanden. Bei der Betrachtung von Bild 3 kann man sich vorstellen, daß es möglich ist, das Potentiometer so einzustellen, daß die Spannung an seinem Abgriff zu diesem Zeitpunkt ebenfalls 100 Millivolt ist. Diese Spannung hat jedoch negatives Vorzeichen,

da die Phasenumkehrstufe das Signal des rechten Kanals invertiert.

Dem Mischer werden genaugenommen drei verschiedene Signale zugeführt: Über die Leitung des linken Kanals kommt das Stereo-Links-Signal vollständig auf den Mischer. Die Leitung enthält aber auch einen Anteil des rechten Signals, dieser Anteil ist bereits vorher in der Übertragungskette durch Übersprechen in den linken Kanal gelangt. Das dritte Signal schließlich ist das in der Phase umgekehrte rechte Signal mit derselben Amplitude, mit der das rechte Signal im linken Kanal vorhanden ist. Im Mischer löschen sich die beiden Rechts-Anteile aus:

+100 mV + (-100 mV) = Null. Am Ausgang des Mischers erscheint nur noch das Signal des linken Kanals.

Dieses Verfahren beseitigt also das Übersprechen und stellt die ursprüngliche Basisbreite, wie sie am Eingang der Übertragungskette vorhanden war, wieder her.

SUPER-STEREO

Wie aus dem vorigen Abschnitt hervorgeht, kann man den Signalanteil eines Kanals, der sich „zu Unrecht" im anderen Kanal befindet, wieder herausholen, wenn das Potentiometer richtig eingestellt ist. Ist das Poti nicht weit genug „aufgedreht", so wird das Übersprechen nicht vollständig beseitigt.

Was dagegen passiert, wenn man das Poti über den Kompensationspunkt hinaus weiter aufdreht, ist zunächst nicht klar. Der Mischer jedenfalls erhält mehr „negatives" rechtes Siganl, als es im linken Kanal „positiv" vorhanden ist. Das Ausgangssignal des Mischers enthält das vollständige linke Signal, zusätzlich jedoch einen Anteil des rechten Signals, aber mit umgekehrter Phase gegenüber dem reinen Stereo-Rechts-Signal.

Im Hörtest zeigt sich, daß dieser rein elektronisch erzeugte Effekt die Basisbreite größer macht, als sie aufgrund der Aufnahme sein „dürfte". Es entsteht ein Eindruck, den man als „Super-Stereo" bezeichnen könnte (diese Bezeichnung stammt übrigens nicht von der P.E.-Redaktion, sondern wurde bereits anderenorts benutzt).

DIE KOMBINATION DER BEIDEN SCHALTUNGEN

Vergleicht man die Bilder 2 und 3, so zeigen sie viele Gemeinsamkeiten.

Bild 4 zeigt, daß die Kombination der Schaltungen zu einem unkomplizierten Gesamtblockbild führt. Der linke Kanal wird unverändert vom Endverstärker unmittelbar auf den Mischer geführt. Der Ausgang des rechten Eingangsverstärker steuert sowohl das Poti aus Bild 2, als auch die Phasenumkehrstufe. Der Ausgang der Phasenumkehrstufe liegt am anderen Ende des Potis, dessen Abgriff, wie gehabt, zum zweiten Eingang des Mischers führt.

Mit dem Poti kann man in dieser Konstellation alle besprochenen Fälle der Signalbearbeitung einstellen. Steht der Abgriff am oberen Anschlag A, dann gelangt außer dem vollständigen linken Signal auch das vollständige rechte Signal auf dem Mischer. Die beiden Bestandteile des Stereosignals bilden zusammen das Monosignal.

Steht der Abgriff in der unteren Anschlagstellung B, so wird das invertierte Signal des rechten Kanals vollständig zum linken Signal addiert, dabei entsteht Super-Stereo in seiner extremsten Form. Mit dem Poti kann man in den Zwischenstellungen jede gewünschte Kombination einstellen.

Bei Mittelstellung steht am Abgriff überhaupt keine Spannung. Ist zu einem bestimmten Zeitpunkt die Ausgangsspannung des Eingangsverstärkers z.B. +1 Volt, so beträgt die Spannung am Ausgang der Phasenumkehrstufe -1 Volt. Da der Abgriff in der Mitte zwischen diesen beiden Potentialen steht, führt er keine Spannung. In dieser Situation wird dem Mischer keine zweite Spannung zugeführt; am Ausgang des

Mischers steht nur das Signal des linken Kanals.
Diese Potistellung entspricht dem Fall „Normal-Stereo". Zwischen dem Eingang und dem Ausgang der Schaltung passiert überhaupt nichts, die Schaltung ist praktisch außer Funktion.

DIE PHASENUMKEHRSTUFE

Bild 5 zeigt die Schaltung der Phasenumkehr-

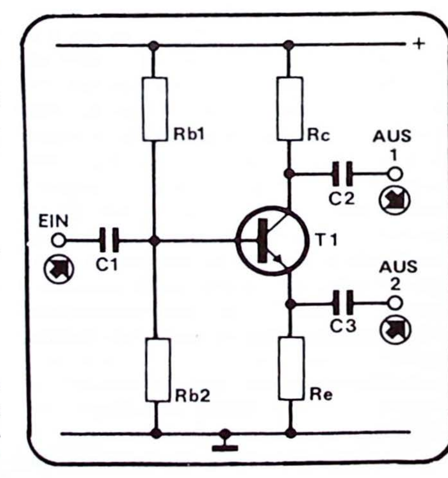


Bild 5. Phasenumkehrstufe mit einem Transistor. Die beiden Ausgangssignale haben gleiche Amplituden, wenn die Widerstandswerte Rc und Re gleich sind.

Stufe, sie enthält nur einen Transistor. Ein Spannungsteiler aus den Festwiderständen Rb1 und Rb2 stellt die Basis auf eine bestimmte Gleichspannung ein.

Liegt die Speisespannung an, so zieht die Basis/Emitter-Strecke des Transistors Strom, da die Basis vom Knotenpunkt des Spannungsteilers Rb1/Rb2 gespeist wird. Der Strom in der Kollektor/Emitterstrecke ist um den Stromverstärkungsfaktor des Transistors höher als der Basisstrom. Dieser verstärkte Strom, kurz Kollektorstrom genannt, erzeugt an den Widerständen Rc und Re einen Spannungsabfall; Kollektor und Emitter liegen auf einem bestimmten (unterschiedlichen) Potential. Dies ist der Ruhezustand der Schaltung.

Legt man nun eine Signal-Wechselspannung über C1 auf die Basis, so wird die Transistorstufe gesteuert. Betrachtet man einen Zeitpunkt, zu dem das Steuersignal gerade positiv ist (Pfeil nach oben gerichtet), so nimmt die Basis/Emitter-Spannung etwas zu. Dabei fließt mehr Basisstrom, entsprechend steigt auch der Kollektorstrom; der größere Strom erzeugt an den Widerständen im Kollektor und Emitter einen größeren Spannungsabfall. Die Spannung am Emitter steigt (auf Masse bezogen), die am Kollektor nimmt ab. Die Zunahme der Spannung am Emitter ist ohne weiteres einzusehen. Am Kollektorwiderstand erzeugt der erhöhte Strom einen größeren Spannungsabfall, dieser ist über den Anschlüssen des Widerstandes Rc meßbar, also zwischen dem Pluspol der Speisespannung und dem Kollektor. Da jedoch alle Spannungen gegen Masse gemessen werden, nimmt bei steigendem Strom die Spannung am Kollektor ab (Pfeil nach unten). Betrachtet man nicht einen einzelnen Zeitpunkt, sondern einen Wellenzug, etwa eine sinusförmige Signalspannung (Bild 6), so zeigt sich, daß die Spannung Uaus2 am Emitter denselben Verlauf hat wie die Spannung an der Basis. Am Kollektor ist die Spannung invertiert, in der Phase umgekehrt (Uaus1). Nicht berücksichtigt sind in der Darstellung die Gleichspannungen des Ruhezustandes, weil die Wechselspannungen über die beiden Trennkondensatoren C2 und C3 ausgekoppelt werden, die Ruhepotentiale erscheinen nicht an den Ausgängen. Übrigens sind die Amplituden in Bild 6 nicht maßstäblich eingezeichnet, da nur gezeigt werden soll, daß die Spannungen an Emitter und Kollektor gegenphasig sind. Das Poti aus

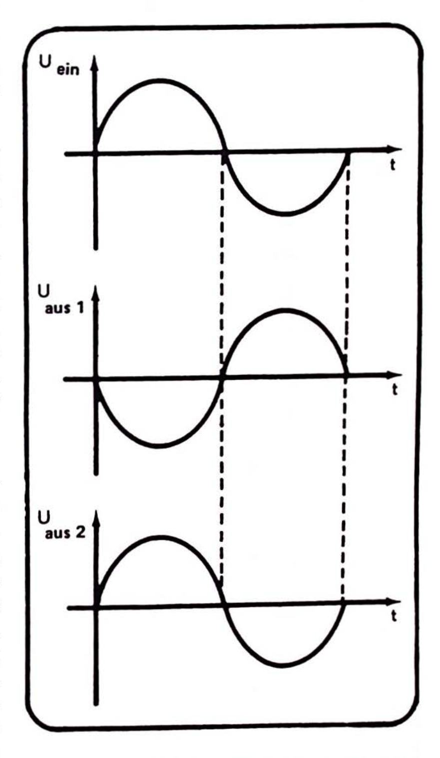
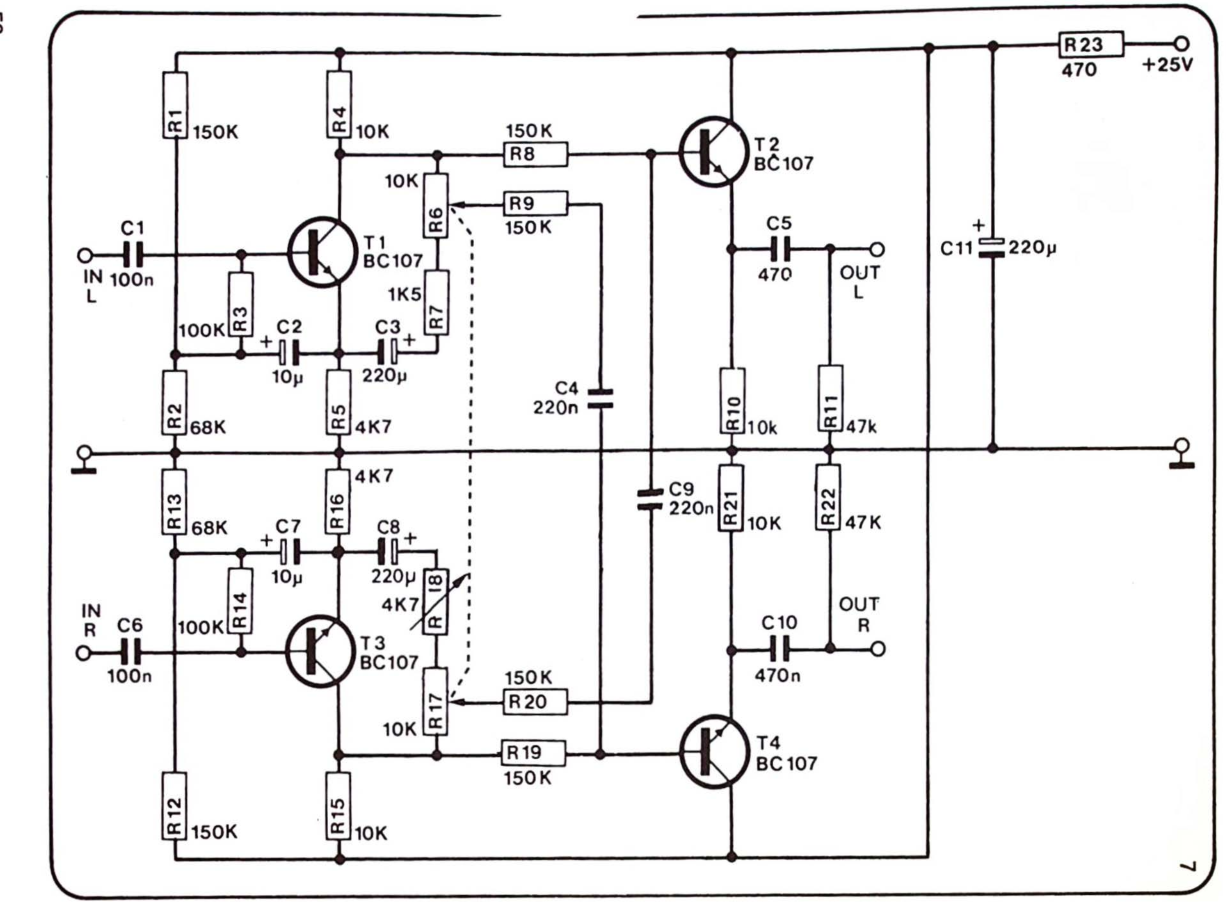


Bild 6. Zum Begriff „Phasenumkehr". Das Emittersignal Uaus2 ist mit dem Eingangssignal in Phase, das Kollektorsignal Uaus1 nicht.



R23
470
+25V
R1 150K
R4 10K
R8 150K
T2 BC107
10K R6
R9 150K
C1 100n
IN L
T1 BC107
1K5 R7
C5 470
OUT L
C11 220µ
+
R3 100K
C2 10µ
C3 220µ
C4 220n
R2 68K
R5 4K7
R10 10k
R11 47k
R13 68K
R16 4K7
C9 220n
R21 10K
R22 47K
C7 10µ
C8 220µ
4K7 R18
IN R
C6 100n
R14 100K
T3 BC107
C10 470n
OUT R
R20 150K
10K R17
R19 150K
T4 BC107
R12 150K
R15 10K
7

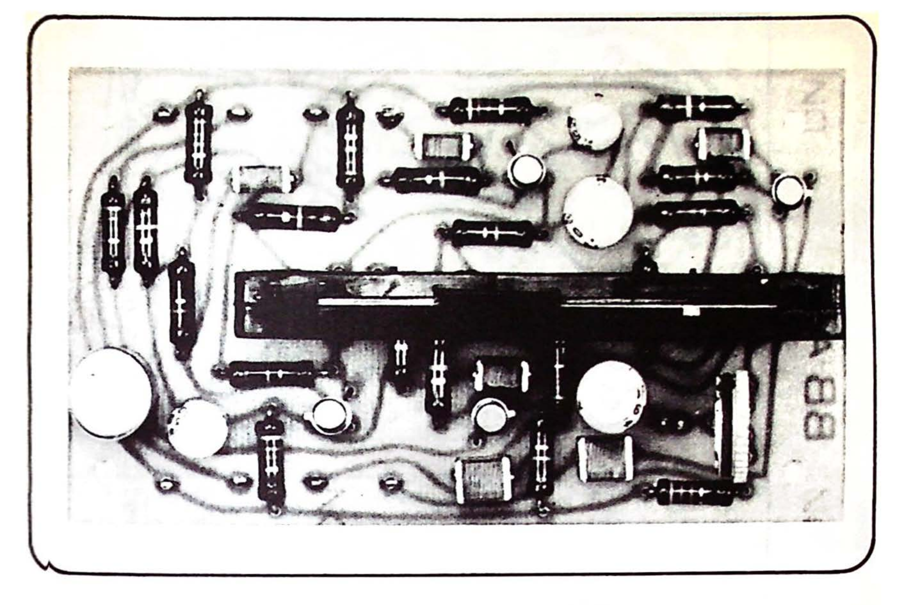


Bild 5 wird zwischen den beiden Ausgängen Uaus1 und Uaus2 angeschlossen.

DIE VOLLSTÄNDIGE SCHALTUNG

Was bisher anhand der Blockbilder besprochen wurde, ist das Funktionsprinzip der Schaltung; dabei wurde nur der linke Teil berücksichtigt. Dieser Teil ist die obere Hälfte im Gesamtschaltbild 7, der Teil oberhalb der Masselinie. Der untere Teil für den rechten Kanal ist voll identisch.

Transistor T2 und seine Beschaltung ist der Mischer des linken Kanals. Seine Basis als Eingang erhält über R8 das vollständige Signal des linken Kanals. Über R20 und C9 gelangt der mit dem Poti R17 eingestellte Signalanteil des rechten Signals auf die Basis von T2. R8 und R20 sind die Mischwiderstände in dem reinen Widerstandsmischer, wie er bereits im „Minimix" (P.E. Nr. 5) beschrieben wurde. Am Emitter von T2 wird das Mischprodukt (genauer: die Summe der Signale) ausgekoppelt, C5 dient zur Gleichspannungstrennung.

Die Mischwiderstände des rechten Kanals sind R19 für das reine Signal des rechten Kanals und R9 für den Signalanteil des linken Kanals, der dem rechten Kanal hinzugemischt wird.

Der Transistor T1 (im linken Kanal) hat zwei Funktionen gleichzeitig: Er ist sowohl Eingangsverstärker als auch Phasenumkehrstufe. Eine hohe Spannungsverstärkung am Eingang ist nicht erforderlich, wichtig ist aber eine hohe Eingangsimpedanz. Sie wird hier durch Bootstrapping erreicht: R3 und C2 sind die Bestandteile der Bootstrapping-Schaltung; da dieses Prinzip im Beitrag „Minimix" sehr ausführlich besprochen wurde, kann es hier übergangen werden. Der

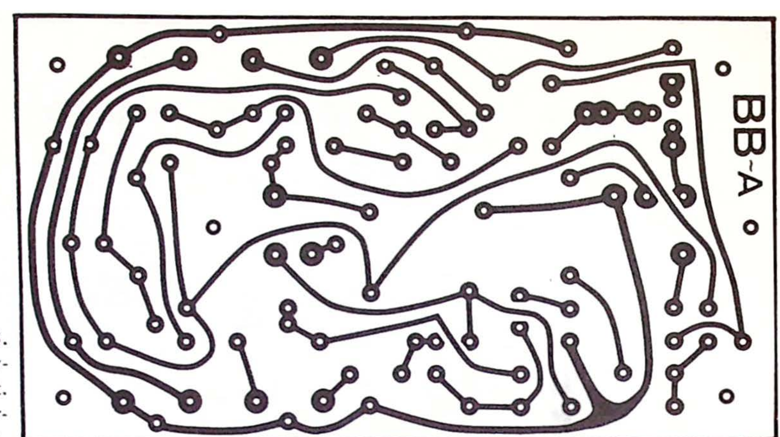


Bild 8. Printlayout. (Kupferseite).

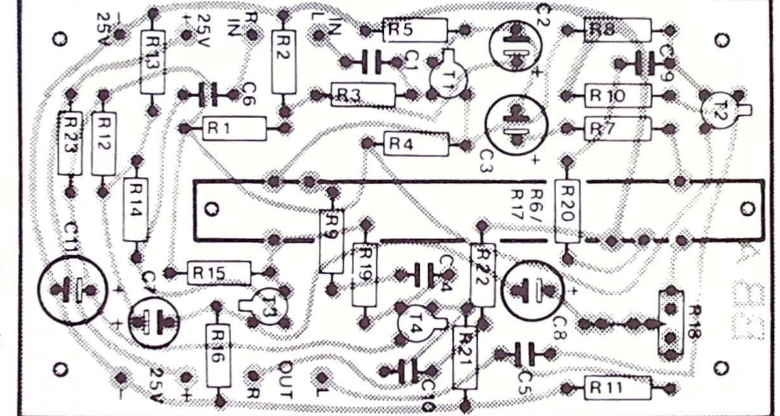


Bild 9. Vollständige Bestückung des Basisbreite-Prints.

Basisspannungsteiler aus Bild 6 besteht aus den Widerständen R1 und R2, auch der Eingangs-Koppelkondensator C1 ist wieder zu sehen.

Am Emitter und am Kollektor des Transistors T1 treten die beiden in der Phase unterschiedlichen Signale des linken Kanals auf. Diese beiden Signale werden auf das Poti R6 geführt, dessen Einstellung maßgebend dafür ist, welcher Anteil des linken Kanals über R9 und C4 dem rechten Kanal zugeführt wird und, dies ist zu betonen, welche Phasenlage diese Spannung hat.

Auffallend ist die Tatsache, daß nur am Emitter der Koppelkondensator (C3) zu sehen ist. Am Kollektor liegt kein Koppelkondensator, weil es vorteilhaft ist, die zweite Stufe, den Mischer T2, gleichspan-

STUCKLISTE

Widerstände 1/4 Watt

R 1 = 150 k-Ohm
R 2 = 68 k-Ohm
R 3 = 100 k-Ohm
R 4 = 10 k-Ohm
R 5 = 4,7 k-Ohm
R 6 = 10 k-Ohm, lin. Schiebepoti, Stereo
R 7 = 1,5 k-Ohm
R 8 = 150 k-Ohm
R 9 = 150 k-Ohm
R 10 = 10 k-Ohm
R 11 = 47 k-Ohm
R 12 = 150 k-Ohm
R 13 = 68 k-Ohm
R 14 = 100 k-Ohm
R 15 = 10 k-Ohm
R 16 = 4,7 k-Ohm
R 17 = in R 6 enthalten
R 18 = 4,7 k-Ohm, Trimmer
R 19 = 150 k-Ohm
R 20 = 150 k-Ohm
R 21 = 10 k-Ohm
R 22 = 47 k-Ohm
R 23 = 470 Ohm

Kondensatoren

C 1 = 100 nF, Siemens MKM
C 2 = 10 µF, 16 V Printelko, Raster 5 mm
C 3 = 220 µF, 16 V Printelko, Raster 5 mm
C 4 = 220 nF, Siemens MKM
C 5 = 470 nF, Siemens MKM
C 6 = 100 nF, Siemens MKM
C 7 = 10 µF, 16 V Printelko, Raster 5 mm
C 8 = 220 µF, 16 V Printelko, Raster 5 mm
C 9 = 220 nF, Siemens MKM
C 10 = 470 nF, Siemens MKM
C 11 = 220 µF, 30 V Printelko, Raster 5 mm

Halbleiter

T 1 = BC 107
T 2 = BC 107
T 3 = BC 107
T 4 = BC 107

Sonstiges

8 Lötstifte RTM

nungsmäßig mit der ersten zu koppeln; damit entfällt eine gesonderte Gleichspannungseinstellung für T2, etwa mit Hilfe eines Basisspannungsteilers.
Der Koppelkondensator tritt in „abgewandelter Form" jedoch wieder auf; es ist Kondensator C4, der verhindert, daß die Gleichspannung vom Kollektor von T1 über Poti R6 und R9 auf die Basis von T4 gelangt und dort die Einstellung der Stufe beeinflußt.
Eine weitere Änderung gegenüber der Schaltung in Bild 6 sind die Vorwiderstände R7 und R18 vor den Potentiometern. Im rechten Kanal ist dieser Vorwiderstand überdies einstellbar als Trimmer ausgeführt. Diese Vorwiderstände sowie die Tatsache, daß die Widerstände im Emitter und im Kollektor

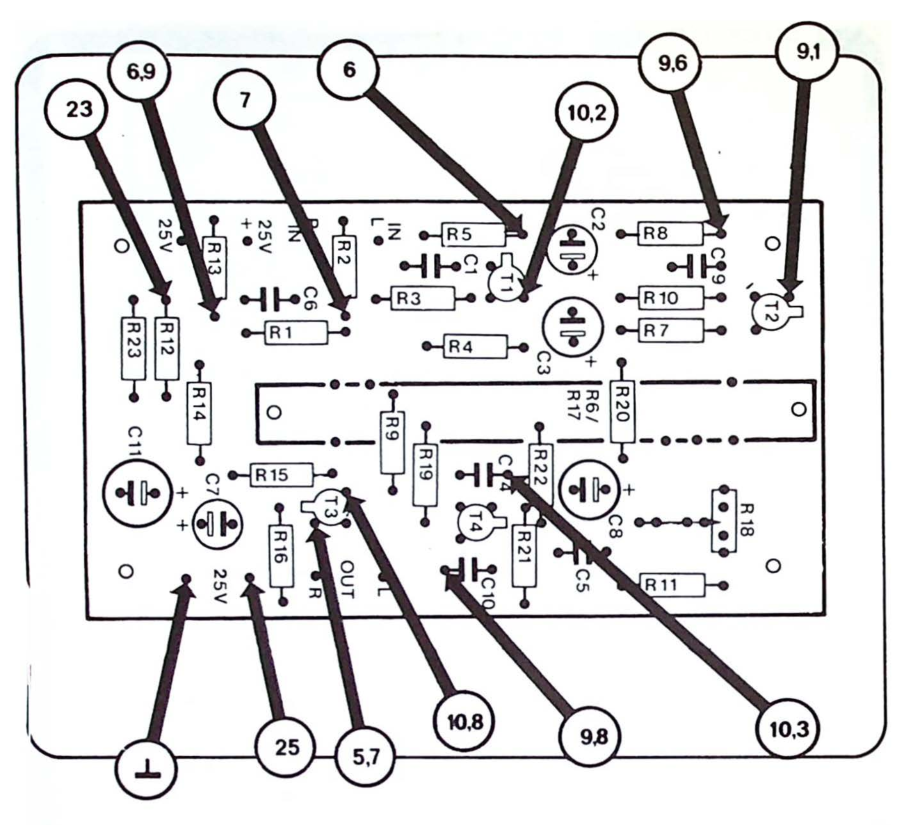


Bild 10. Der Spannungsplan zur Kontrolle der Schaltungsfunktion. Alle Werte wurden mit einem Vielfachinstrument 20 Kilo-Ohm pro Volt gemessen.

unterschiedlich sind, führen dazu, daß die Potistellung für „Normal-Stereo" nicht in der Mitte des Schiebewegs liegt, sondern in etwa 2/3 Abstand vom Mono-Ende. Damit sind folgende Konsequenzen verbunden: Zwischen Stereo und Mono ist das gewünschte Maß an Übersprechen relativ genau einstellbar, zweitens ist der obere Teil des Schiebeweges zwischen Stereo und Superstereo auf ein vernünftiges Maß beschränkt. In Stellung Mono liegen die beiden Abgriffe des Stereopotis an den kollektorseitigen Anschlüssen. Da die Signale beider Kanäle in der ersten Transistorstufe in der Phase um-

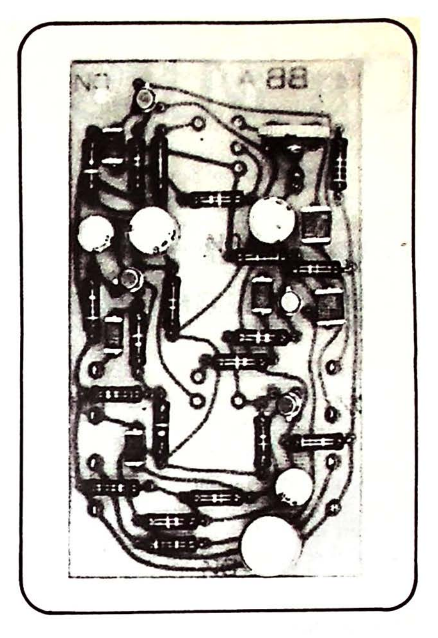
gekehrt werden, sind sie bei der Mischung untereinander wieder phasengleich (Monobedingung). Stehen die Abgriffe dagegen jenseits des Stereo-Punktes im Bereich Superstereo, so wird das nicht in der Phase umgekehrte Teil-Signal vom Emitter des einen Kanals zum vollständigen, in der Phase umgekehrten Signal des anderen Kanals gemischt. Die beiden Signale sind dann gegenphasig, dies ist die Bedingung für die Verbesserung der Kanaltrennung bzw. Superstereo.

Zu bemerken ist noch, daß der zweikanalige Charakter der Schaltung auch in Stellung Mono erhalten bleibt, d.h. beide Kanäle führen am Ausgang das Monosignal.

Das Netzwerk aus R23/C11 erzeugt aus der allgemeinen Speisespannung der Module die hier erforderliche Spannung von ca. 23 Volt.

BAU UND ABGLEICH

Eine Besonderheit des Print-Layouts sind die unter dem Schiebepoti angeordneten Bauelemente. Eines der Fotos zeigt deshalb den bestückten Print vor der Montage der Potis. Das Poti selbst wird mit Abstandsröhrchen, oder, wie auf einem der Fotos zu sehen ist, mit Zwischenmuttern erhöht montiert. An die Poti-Anschlüsse lötet man vorher ein ca. 2 cm langes Stück Schaltdraht; die Enden dieser Drähte führt man beim Aufsetzen des Potis durch die betreffenden Lötaugen und verlötet sie nach Anschrauben des Potis. Auf den Trimmer R18 als Abgleichelement konnte bei der Entwicklung nicht verzichtet werden. In „Normalstellung" des Basisbreite-Potis, in Stereo-Stellung, kommt es sehr genau darauf an, daß die Spannung an beiden Abgriffen tatsächlich Null ist. Da Stereopotis von Haus aus keinen guten Gleichlauf haben (schlechte Übereinstimmung zwischen Schiebeweg und Widerstandswert der beiden Potihälften), wurde der Trimmer vorgesehen, um die Nullbedingung exakt einstellen zu können.



Das Verfahren funktioniert wie folgt: Beide Ausgänge werden mit einer Stereo-Anlage verbunden (Verstärkereingänge). Die Eingänge des Basisbreitemoduls bleiben offen. Der Balance-Einsteller des Verstärkers wird so eingestellt, daß der linke Kanal vollständig unterdrückt ist. Berührt man nun den linken Eingang der Schaltung mit dem Finger, so ertönt, wenn alles stimmt, aus dem rechten Lautsprecher ein ordentliches Brummen. Das Basisbreitepoti stellt man auf minimales Brummen ein.

Anschließend dreht man den Balance-Einsteller in die andere Endstellung, so daß nun der rechte Lautsprecher ruhig ist. Das Basisbreitepoti bleibt unverändert in seiner Position. Den Trimmer R18 stellt man nun so ein, daß beim Berühren des rechten Eingangs der Schaltung das Brummsignal wiederum mit minimaler Lautstärke zu hören ist. Damit ist der Abgleich beendet.

C's MESSEN?

Ganz einfach: mit dem Vielfachinstrument

Kondensatoren lassen, wenn es sich nicht gerade um Elkos handelt, ihren Wert nicht immer erkennen. Eine einheitliche Farbkodierung ist, wie bei den Widerständen schon längst vorhanden, noch nicht in Sicht. Zwar versehen einige Hersteller ihre Produkte mit einem Farbkode, andere hingegen drucken den Wert direkt auf. Wie dem auch sei, ob Farbkode oder aufgedruckter Zahlenwert, beide sind manchmal nicht mehr zu deuten. Um nun alle diese Kondensatoren nicht in den Papierkorb zu werfen, bietet der Handel spezielle Kapazitätsmeßbrücken an. Besitzer eines DMM (Digitales Multimeter) sind ebenfalls in der Lage, C's auszumessen. Beide erwähnten Geräte sind in der Anschaffung relativ teuer und deshalb wohl bei den wenigsten Hobbyelektronikern zu finden. Darum ist mit dem nachfolgenden Artikel eine Möglichkeit aufgezeigt, den Kondensatorwert mit dem Vielfachmeßinstrument zu bestimmen.

DAS PRINZIP

Das Prinzip dieser Meßmethode basiert auf elektrotechnischen Grundlagen. So weiß sicherlich jeder, daß Kondensatoren die Gleichspannung abblocken, d.h. sie bilden für die Gleichspannung einen unendlich hohen Widerstand. Man kann sie im Gleichspannungsbetrieb als Isolator betrachten. Im Wechselspannungsbetrieb hingegen verfügen sie über einen bestimmten Widerstand. Der „Widerstand" ist nicht allein durch den Kondensatorwert definiert, sondern auch noch von der Frequenz des am Kondensator anliegenden Signals abhängig. Um nun den imaginären Kondensatorwiderstand mit allen seinen Eigenheiten vom „echten" Widerstand zu unterscheiden, bezeichnet man ihn als Impedanz. Die Einheit der Impedanz ist genau wie beim Widerstand das Ohm.

Wird ein Kondensator von einem Wechselstrom durchflossen, ist die Impedanz vom Kondensatorwert sowie von der Wechselspannungsfrequenz abhängig. Bleibt die Frequenz konstant, ist die Impedanz nur vom Kondensatorwert als veränderliche Größe abhängig. Schaltet man nun einen Konden-

sator mit einem Widerstand in Reihe und schließt sie an die Sekundärwicklung eines Klingeltransformators an, fließt ein Strom, der vom Widerstand R und der Impedanz des Kondensators C begrenzt wird.

Fließt ein Strom durch einen Widerstand, stellt sich an dem Widerstand zwangsläufig ein Spannungsabfall ein. Dies gilt auch für den Spannungsteiler aus dem Widerstand R und dem Kondensator C (Bild 1). Sind beide Teilspannungen in ihrem Wert gleich, sind folglich die Impedanz von C und der Wert vom Widerstand R gleich. Der Widerstandswert läßt sich leicht ermitteln; entweder anhand der Farkodierung oder durch Ausmessen mit dem Vielfachmeßinstrument. Ist der Widerstandswert bekannt, errechnet sich der Wert des Kondensators mit einer Division. Die Formel dazu ist an anderer Stelle des Artikels angegeben.

An dieser Stelle muß eine scheinbare Ungereimtheit erwähnt werden. Hat man mit dem Meßgerät die Teilwechselspannungen an beiden Bauelementen festgestellt, müßte theoretisch die Summe der beiden gleich der sekundären Trafospannung sein. Dies ist nicht so, denn der ermittelte Wert liegt in jedem Fall höher. Das deutet keineswegs auf ein defektes Meßgerät hin; der scheinbare Widerspruch ist keiner. Das Phänomen ist auf die Phasenverschiebung zurückzuführen. Diese Erscheinung bis ins Detail zu klären, ist nur mit Hilfe von Vektordiagrammen möglich. Das allerdings sprengt den Rahmen des Artikels; deshalb wird hier darauf verzichtet.

DIE PRAXIS

Auf einem Stück Lochrasterplatte schaltet man vier Trimmpotentiometer -wie Bild 2 zeigt- in Reihe zusammen. Der Anschluß des 1 Megaohm-Trimmpotis bleibt also frei. Der Kondensator mit dem unbekannten Wert vervollständigt das Ganze. Die Reihenschaltung der Trimmpotentiometer mit dem Kondensator Cx bilden zusammen mit der Sekundärseite eines Klingeltrafos einen kompletten Schaltkreis. Die Sekundärspannung eines anderen Trafos kann auch z.B. 12 Volt betragen.

Bevor die Messung beginnt, ist das Meßgerät auf den Wechselspannungsmeßbereich einzustellen. Die Meßschnur, die mit dem Meßgerät über die „common"-Buchse (gemeinsame Masse) verbunden ist, wird mit dem Knotenpunkt Kondendator-Trimmpoti verbunden. Das ist in Bild 2 der Punkt A. Mit der zweiten Meßschnur mißt man nun die Spannungen zwischen den Punkten A-B und A-C. Die erste Messung beider Teilspannungen zeigt sicherlich unterschiedliche Ergebnisse. (Es wäre Zufall, sollte es anders sein!) Durch Einstellen der Trimmpotentiometer lassen sich nun beide Spannungswerte exakt aufeinander abgleichen, d.h. beide Teilspannungen müssen in ihrem Wert übereinstimmen. Das Einpegeln der beiden Werte aufeinander kann u.U. zum Geduldsspiel ausarten. Während man die Schleiferstellung der Trimmpotentiometer verstellt, müssen durch dauerndes Wechseln der Meßstrippe die Spannungen zwischen den Punkten A-B und A-C

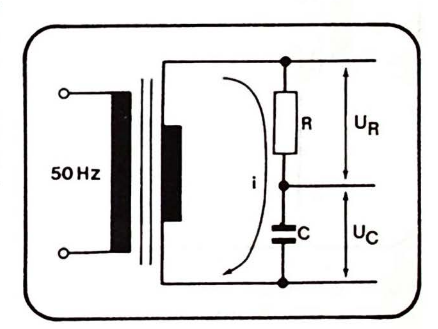


Bild 1. Bei einer solchen Schaltungsanordnung kann man mit einem einfachen Vielfachmeßinstrument die Teilspannungen u_C und u_R ermitteln; es handelt sich dabei um Wechselspannungen.

kontrolliert werden. Das 1 Megaohm-Trimmpotentiometer nimmt natürlich bei der Einstellung mehr Einfluß auf die Teilspannungen als z.B. das 100 Ohm-Trimmpoti. Nach diesem Prinzip lassen sich Kondensatoren von einigen Nanofarad bis zu einigen Mikrofarad ausmessen.

Erst wenn die Spannungen zwischen den Punkten A-B und A-C gleich sind, ist die Einstellarbeit beendet. Bevor sich nun der Kondensatorwert ermitteln läßt, muß man den Gesamtwiderstandswert der vier eingestellten Trimmpotentiometer messen. Dazu

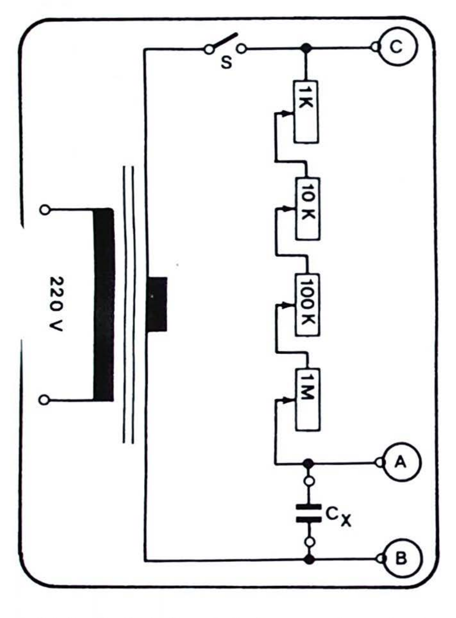


Bild 2. Praktischer Schaltungsaufbau der in Bild 1 gezeigten Prinzipanordnung. Auf einer Lochrasterplatte finden alle Bauelemente bequem Platz. Stimmt die Spannung der Trimmpotentiometer-Reihenschaltung mit der Kondensatorspannung überein, sind auch Widerstand und Impedanz in ihrem Wert gleich.

wird das Vielfachmeßinstrument auf den Ohmmeßbereich umgeschaltet. Achtung: Vor der Widerstandsmessung den Schalter S öffnen! Die mit Punkt A verbundene Meßschnur bleibt angeklemmt, so daß die zweite Meßstrippe nur noch mit Punkt C Kontakt haben muß, damit das Gerät den eingestellten Widerstandswert anzeigen kann. (Die gemeinsame Massestrippe „common" bleibt während der gesamten Messung mit A verbunden, sowohl bei der Spannungs- als auch bei der Widerstandsmessung).

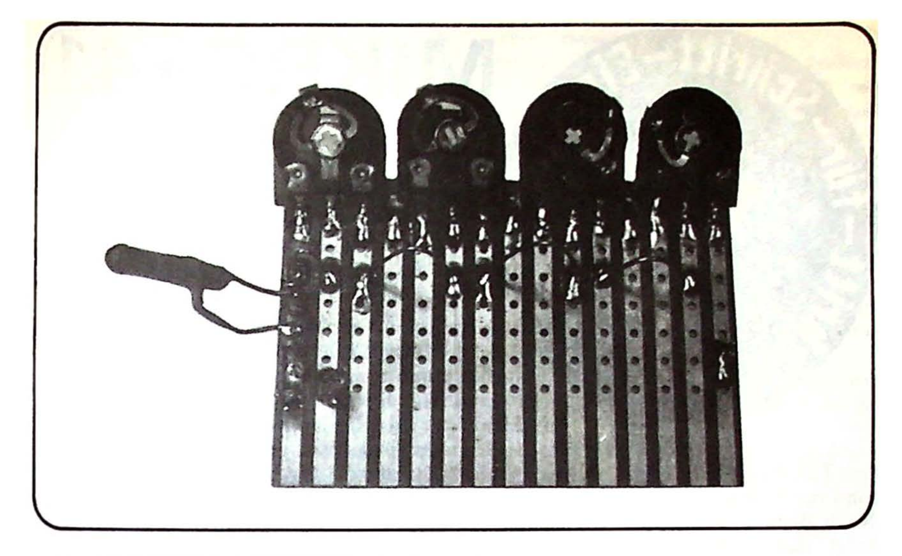
Die Tabelle (Bild 3) gibt nun Auskunft darüber, welcher Kondensatorwert äquivalent zum gemessenen Widerstandswert ist. Ist der gemessene Widerstandswert nicht in der Tabelle aufgeführt, handelt es sich bei dem Kondensator Cx auch nicht um einen üblichen Wert.

Die Tabelle schlüsselt nur die entsprechenden Werte einer Kapazitätsdekade auf (von 10 Nanofarad bis 82 Nanofarad).

Trotzdem lassen sich auch Kondensatoren einer höheren oder niedrigeren Dekade bestimmen. Ist der gemessene Vergleichswiderstand um das zehnfache gegenüber dem Tabellenwert niedriger, entspricht das einem zehnfach höheren Kondensatorwert.

Beispiel: Zeigt das Meßgerät zwischen den Punkten einen Wert von 25 Kiloohm an, entspricht das einer Kapazität von 120 Nanofarad. Dieses Prinzip gilt natürlich auch im umgekehrten Fall: Ist der gemessene Widerstandswert um den Faktor 10 höher, sinkt der entsprechende Kapazitätswert um den Faktor 10 ab. Die gerade beschriebenen Regeln gelten auch, wenn der Unterschiedsfaktor 100 beträgt.

Sicherlich findet mancher, daß die Auflösung der Tabelle zu gering ist. Nur sollte man nicht vergessen, daß die beschriebene Meßmethode keinen Anspruch auf höchste Genauigkeit stellt. Die in der Tabelle aufgeführten Werte sind deshalb auch nur als Näherungswert zu verstehen. Die Ungenauigkeiten liegen einmal im Meßprinzip,



Gemessener Widerstand (Kiloohm)	Kapazität (Nanofarad)
318,4	10
256,3	12
212,3	15
176,9	18
144,7	22
117,9	27
96,5	33
81,6	39
67,7	47
56,9	56
46,8	68
38,8	82

Bild 3. Die Tabelle gibt zu dem gemessenen Widerstands- den entsprechenden Kapazitätswert an.

einmal beim verwendeten Vielfachmeßinstrument. Die meisten Meßgeräte weisen beim Wechselspannungsmeßbereich eine Toleranz von 5% und mehr auf. Die Genauigkeit der Widerstandsmessung ist meist noch mieser.

Wer trotzdem die Kapazität des unbekannten Kondensators anhand des gemessenen Widerstandswertes errechnen will, muß folgende Formel anwenden:

$$\text{Kapazität (in Mikrofarad)} = \frac{3{,}184}{\text{gemessener Widerstandswert (in Kiloohm)}}$$

Die Formel besagt, daß die Konstante 3,184, dividiert durch den gemessenen Widerstandswert, den äquivalenten Kapazitätswert ergibt.

Das Resultat dieser Berechnung ist eine Zahl mit mehreren Stellen hinter dem Komma. Verschiebt man das Komma um drei Stellen nach rechts, wird aus z.B. 0,010 Mikrofarad 10 Nanofarad .

Schritt–für–Schritt–Elektronik

μ

MIKRO-4.1

DAS FLIPFLOP

Nachdem in der vorigen Ausgabe die Mikro-Serie zugunsten des Uniflex-Systems aussetzen mußte, übrigens trotz Erweiterung des Heftumfangs, folgt nunmehr das FlipFlop. Für die Mikro-Experimente ist das Uniflex-System hervorragend geeignet, aber auch für den TTL-Trainer in dieser Ausgabe; deshalb wurde der Beitrag über diese Verbindungstechnik zwischengeschaltet.

Nach dem in den ersten Experimenten besprochenen a-stabilen Multivibrator folgt das nächste Familienmitglied, der bi-stabile Multivibrator, allgemein FlipFlop genannt. Auch dieser Baustein für Digitalschaltungen besteht aus zwei miteinander gekoppelten Transistorstufen. Die Kopplung findet hier jedoch nicht über Kondensatoren statt, sondern über Widerstände. Dies hat zur Folge, daß die Schaltung nicht spontan und selbständig zwischen zwei Zuständen hin- und herschaltet, sondern in einem einmal eingenommenen Zustand verharrt, bis „von außen" ein Umschaltbefehl kommt, der das FlipFlop in den anderen, ebenfalls stabilen Zustand bringt, der bis zum nächsten Schaltbefehl beibehalten wird.

Aufgrund dieser Eigenschaft ist das FlipFlop ein elektronisches „Gedächtnis", es dient deshalb auch als Speicher-Baustein. Die Schaltung ist in der Lage, einen Impuls zu speichern (sich an ihn zu erinnern); da die meisten digitalen Geräte mit Speicherelementen arbeiten, ist das FlipFlop aus der modernen Elektronik nicht mehr fort zu denken.

Die wohl wichtigste Anwendung hat das FlipFlop als Frequenzteiler. Da alle elektronischen Zählschaltungen mit solchen Teilern arbeiten, sind die Mikro-Experimente zum FlipFlop recht ausführlich. Deswegen, aber auch wegen der allgemeinen Bedeutung des FlipFlops, erscheint Mikro-4 in zwei Teilen.

Bild 1 zeigt den wesentlichen Teil des FlipFlop-Prinzips. Die beiden Transistoren T1 und T2 sind nichts weiter als elektronische Schalter. In den Kollektorleitungen liegt je ein Lastwiderstand R1 bzw. R2.

Transistor T2 wird in den Leitzustand gesteuert, wenn über den Widerstand R3 Strom in seine Basis fließt. Das Bemerkenswerte ist nun, daß der Widerstand R3 mit seinem anderen Ende am Lastwiderstand R1 der

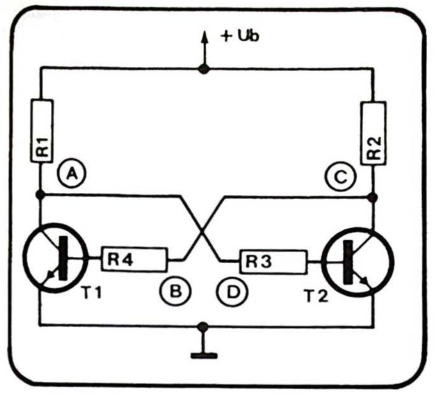


Bild 1. Zum Prinzip des FlipFlops. Es besteht aus zwei Transistoren, in jeder Stufe sind ein Kollektor- und ein Basiswiderstand enthalten.

linken Transistorstufe liegt.

Welchen Sinn das hat, macht Bild 2 deutlich. Die Darstellung ist völlig identisch mit Bild 1, jedoch sind hier die beiden Transistorstufen einzeln als Blöcke eingezeichnet. Der Ausgang jeder Stufe (Kollektor) ist mit dem Eingang der anderen (Basiswiderstand R3 bzw. R4) verbunden. Da die Widerstände in der Schaltung so bemessen sind, daß jeder der Transistoren entweder voll sperrt oder voll leitet, ist die jeweilige Kollektorspannung entweder „hoch" (auf dem Wert der Speisespannung) oder „niedrig" (fast Massepotential).

Außerdem ist in der Schaltung immer nur ein Transistor leitend, der andere ist gesperrt.

Zu den Begriffen „leiten" und „sperren" eine kurze Erläuterung. Ein Transistor sperrt, wenn zwischen Basis und Emitter keine Spannung steht, die einen Strom durch

Bild 2. Die Schaltung von Bild 1 in etwas anderer Darstellung. Diese Darstellung macht deutlich, daß das FlipFlop aus zwei gleichen Transistor-Schaltstufen besteht, die miteinander verbunden sind. Das FlipFlop ist symmetrisch aufgebaut.

die Basis/Emitter-Strecke treibt. Ein Transistor leitet, wenn eine Spannung zwischen Basis und Emitter für Basisstrom sorgt. Ist dieser Strom so hoch, daß die Kollektor/Emitterstrecke voll leitet (Sättigung), dann bestimmt nur der Wert des Kollektorwiderstandes den Strom in der Kollektorleitung, während die Spannung zwischen Kollektor und Masse fast Null ist; über der Kollektor/Emitter-Strecke steht dann eine vernachlässigbar kleine Restspannung. Wenn der Transistor dagegen sperrt, steht am Kollektor die volle Speisespannung, weil kein Strom durch den Kollektorwiderstand fließt und deshalb kein Spannungsabfall entsteht. Da am Ausgang (=Kollektor) nur zwei verschiedene Spannungszustände auftreten können, verwendet man zur Bezeichnung dieser Zustände digitale Begriffe. Sperrt der Transistor, so ist der Ausgang „H" (high), leitet der Transistor, dann ist der Ausgang „L" (low).

In Bild 3 sind die beiden stabilen Schaltungszustände A und B des FlipFlops dargestellt. Die beiden Blöcke haben denselben elektronischen „Inhalt" wie die Blöcke in Bild 2.

Zunächst sei angenommen, daß Transistor T2 aus irgendeinem Grunde leitet, sein Ausgang C ist deshalb auf niedriger Spannung, also „L". Die Basis des Transistors T1 erhält somit über den Eingang B der Stufe keine Spannung; der Transistor sperrt, und sein Ausgang A ist „H". Diese positive Spannung steht am Eingang D der Stufe T2 und steuert diesen Transistor in den Leitzustand, Ausgang C ist „L". Dies entspricht dem zu Anfang angenommenen Zustand; dies wiederum bedeutet, daß die Schaltung stabil ist, der Zustand ändert sich nicht selbsttätig. Bild 3 links entspricht dieser Situation.

In Bild 3 rechts ist der zweite stabile Zustand mittels Kennzeichnung der Ein- und Ausgänge durch „L" und „H" angegeben. Die Rollen „Leiten" und „Sperren" der beiden Stufen sind vertauscht.

Wie kommt das FlipFlop vom einen in den anderen stabilen Zustand? Dazu dient ein Steuersignal, das auf geeignete Weise in die Schaltung gelangt.

EXPERIMENT 1

Die Schaltung des FlipFlops wird auf dem Experimentierprint aufgebaut. Wer sowohl über das Signalhorn aus Mikro-2 und den Blinker aus Mikro-1 verfügt, kann das Signalhorn abbauen. Der Blinker wird bei den Frequenzteiler-Experimenten mit dem FlipFlop gebraucht.

Bild 4 zeigt die Schaltung aus Bild 1 mit konkreten Bauelementwerten, außerdem

L= low wie Leiten!

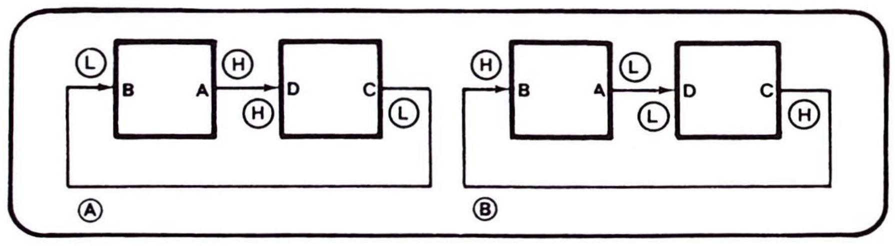


Bild 3. Das FlipFlop kann zwei verschiedene, stabile Zustände einnehmen (bi-stabiler Multivibrator). der eine der beiden Zustände ist links, der andere rechts dargestellt.

Bild 4. Die experimentelle FlipFlop- Schaltung in „Mikro-Darstellung".

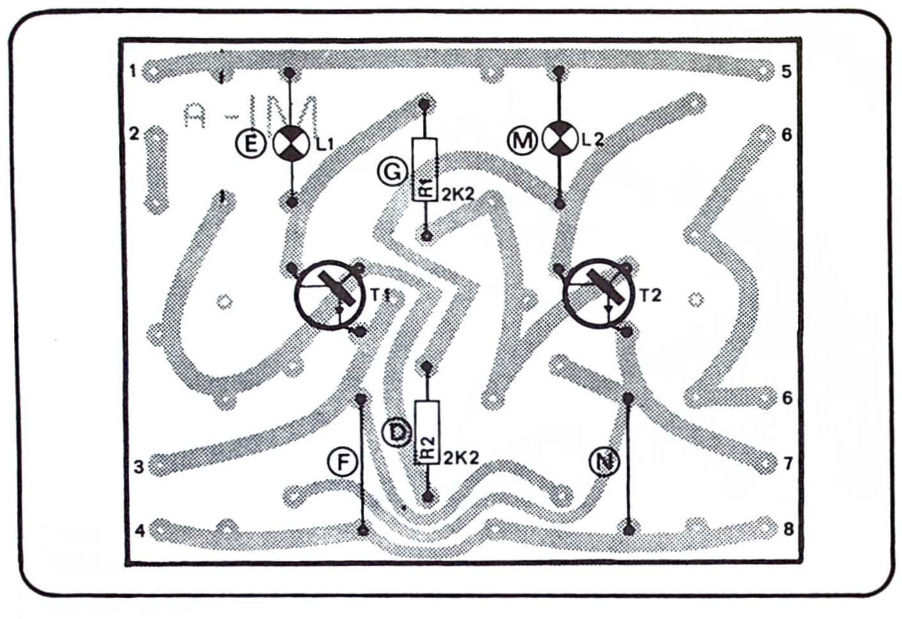


Bild 5. Die Bestückung des Mikro-Experimentier-Prints für das FlipFlop-Experiment.

sind die Bauelement-Stellen des Experimentierprints eingezeichnet (eingekreiste Buchstaben). Bild 5 zeigt den Bestückungsplan des Prints für dieses Experiment.

Legt man die Speisespannung von 6 Volt an (Batterie oder P.E.-Spannungsquelle), so leuchtet eine der beiden Lampen auf. Als Lastwiderstand in der Kollektorleitung dient je eine Lampe L1 bzw. L2.

Dies entspricht einem der in Bild 3 dargestellten stabilen Zustände. Der Transistor, dessen Lämpchen leuchtet, leitet, seine Kollektorspannung ist „L". Der andere Transistor sperrt, seine Kollektorspannung ist „H", das Lämpchen ist aus.

Welcher der beiden Transistoren leitet, welches Lämpchen also leuchtet, kann nicht vorhergesagt werden. Die Bauelemente in den beiden Hälften des FlipFlops sind nie genau gleich. Nimmt man trotzdem einmal an, daß die Widerstandswerte von L1 und L2 bzw. R1 und R2 genau gleich sind, dann hängt es von den Unterschieden der Transistoren ab, welches Lämpchen leuchtet. Beim Einschalten der Speisespannung erhalten beide Halbleiter über die Lampe und den Widerstand der jeweils anderen Hälfte Basisstrom. Der Transistor, der den höheren Verstärkungsfaktor hat, leitet als erster. Seine Kollektorspannung geht etwas früher nach

Weitere Experimente zum FlipFlop in der nächsten Ausgabe

„L", damit gerät die Basissteuerung seines trägeren Kollegen noch weiter in Verzug. Wenn beispielsweise Transistor T1 der schnellere ist, dann geht nach dem Anlegen der Speisespannung seine Kollektorspannung schneller von „H" nach „L"; in die Basis von T2 fließt weniger Strom, denn sie liegt an R1, dessen anderes Ende an einer Spannung liegt, die zu diesem Zeitpunkt bereits abnimmt. T2 kommt demnach gar nicht in den Leitzustand, während Transistor T1 fleißig Basisstrom konsumiert, über L2 und R2. Der beschriebene Vorgang geht übrigens so schnell vor sich, daß mit dem bloßen Auge keine Einzelheiten zu sehen sind: Beim Anlegen der Speisespannung leuchtet eines der Lämpchen „sofort" auf. Dieses Lämpchen liegt in der Kollektorleitung des Transistors mit dem höheren Stromverstärkungsfaktor. Dieses Verhalten der Schaltung ist natürlich unbefriedigend. Man weiß vorher nicht, welcher der Transistoren der schnellere ist und an welchem Ausgang (Kollektor T1 oder Kollektor T2) die Spannung nach dem Einschalten „L" ist. Wie später gezeigt wird, gibt es ein einfaches Mittel, einen definierten Ruhezustand (Zustand nach dem Anlegen der Speisespannung) herzustellen.

Wenn weiter nichts unternommen wird, bleibt die Schaltung im Ruhezustand. Eine Lampe ist aus, die andere leuchtet.

Soll die Schaltung Aktivität entwickeln, so muß sie dazu animiert werden. Dazu lötet man ein Kabel an einen der Printanschlüsse 1 oder 5, dies ist der Pluspol der Speisespannung. Wer mit Uniflex arbeitet, kann eine Seite eines Kabels auf einen Lötstift stecken. Das andere Ende des Kabels wird mit einem Widerstand 1 Kilo-Ohm verbunden. Das andere Ende des Widerstandes schließt mit einer Krokodilklemme oder mit einem Steckschuh ab.

Mit der Klemme oder mit dem Steckschuh berührt man nun kurz die Basis des nichtleitenden Transistors. Dabei passiert es: Das bisher unaktivierte Lämpchen in der Kollektorleitung dieses Transistors leuchtet auf, das andere Lämpchen verlöscht. Das Wichtigste aber ist die Tatsache, daß die neue Situation, der andere stabile Zustand des FlipFlops, bestehen bleibt, auch nach Entfernung der Verbindung. Die Ursache dafür ist klar: Beim Berühren der Basis fließt ein kräftiger Basisstrom, der bis dahin gesperrte Transistor geht in den Leitzustand, sein Kollektor wird „L". Damit erhält die Basis des anderen, vorher leitenden Transistors keinen Basisstrom mehr; der Transistor sperrt und sein Kollektor wird „H". Wenn die Verbindung, die zwischen der Basis und der Speisespannung über den Widerstand hergestellt wurde, entfällt, bleibt der Transistor trotzdem im Leitzustand, weil nun sein fest eingebauter Basiswiderstand die weitere Versorgung mit Basisstrom übernimmt. Dieser Basiswiderstand liegt ja am Kollektor des anderen, inzwischen gesperrten Transistors, der auf „H" umgeschaltet hat.

Dieses Verhalten, nämlich das „Kippen" des FlipFlops, erfolgt, wie das Experiment zeigt, beim Anlegen eines externen Steuersignals; um diese Art von Steuersignal deutlich von anderen Arten zu unterscheiden, spricht man von Triggersignal. Das Triggersignal triggert das FlipFlop, dabei kippt das FlipFlop vom (stabilen) Ruhezustand in den (ebenfalls stabilen) aktivierten Zustand.

SIGNAL » TRACER

**Der vorliegende zweite Teil des Signal-Tracers begründet zunächst das dynamische Prüfverfahren, auf dem der Signal-Tracer basiert. Die Mängel des statischen Verfahrens, bei dem mit einem Vielfachinstrument eine Schaltung untersucht wird, kommen ebenfalls zur Sprache.
Es folgt die ausführliche Funktionsbeschreibung von Geber und Verfolger. Mit Rücksicht auf den Umfang des Beitrags wird die Praxis, die dynamische Fehlersuche, in einem dritten Teil in der nächsten Ausgabe besprochen; dabei dient eine entsprechend präparierte Mikro-Experimentierschaltung als Objekt.**

FEHLERSUCHE

Die wichtigste Vorraussetzung, in einer elektronischen Schaltung einen Fehler zu finden, ist die Kenntnis der Schaltungsfunktion. Wenn man beispielsweise eine Schaltung aus dieser Zeitschrift nachgebaut hat, und das Gerät funktioniert nicht, geht man am besten so vor, daß man den Artikel nochmals gründlich studiert und versucht, die Funktion jedes einzelnen Bauelementes in der Schaltung zu ergründen. Wenn ein bestimmter Schaltungsteil nicht ausführlich beschrieben ist, dann meist deshalb, weil in einer früheren Ausgabe dieselbe Schaltung mit Hilfe von Blockbildern und Graphiken bis in die Details erläutert wurde.

Die beste Selbstkontrolle bei der Beurteilung, ob man die Funktion einer Schaltung verstanden hat, erhält man wie folgt: Man nimmt das Gesamtschaltbild des Gerätes und erklärt sozusagen sich selbst die Funktion jedes Bauelementes. Auf diese Weise findet man am schnellsten heraus, in welchem Teil der Schaltung der Fehler zu suchen ist. Fast alle elektronischen Schaltungen sind aus einzelnen Stufen oder Einheiten aufgebaut, die eine bestimmte, nachprüfbare Funktion haben.

Führt jedoch dieses Verfahren nicht zu einem Ergebnis, so kann man das statische Verfahren zur Fehlersuche anwenden. Dazu ist zwar ein Vielfachinstrument erforderlich, aber nach Meinung der Redaktion gehört zumindest ein einfaches, preiswertes Meßinstrument ebenso unbedingt zur Ausrüstung wie der Lötkolben.

Bei dem statischen Verfahren mißt man die Gleichspannung an bestimmten, charakteristischen Schaltungspunkten; zu den meisten Schaltungen bringt P.E. den sogenannten Spannungsplan, er vereinfacht die Schaltungskontrolle mit dem Vielfachinstrument ganz erheblich. Allerdings muß man dabei beachten, daß die angegebenen Spannungen in der Praxis nicht sonderlich gut stimmen; dies ist auf Exemplarstreuungen hauptsächlich der Transistoren zurückzuführen. So kann es gelegentlich vorkommen, daß man eine Spannung mißt, die um 20% von dem im Spannungsplan angegebenen Wert abweicht, ohne daß die Schaltung deswegen fehlerhaft sein müßte. Dagegen liegt offenbar

Teil 2



ein Fehler vor, wenn man an einem Punkt, der mit z.B. 3,6 Volt angegeben ist, eine Spannung von 5,7 Volt mißt.
Bei der Beurteilung solcher Meßwerte ist jedoch Vorsicht geboten. An einigen Schaltungspunkten hängt der gemessene Spannungswert in starkem Maße ab von der Qualität des verwendeten Vielfachinstrumentes. Jedes Instrument hat nämlich einen bestimmten Innenwiderstand, der in Ohm pro Volt angegeben ist. Diese Größe ist ein Maß für den Strom, den das Instrument benötigt, damit der Zeiger ausschlägt. Diesen Strom entzieht das Meßgerät der Schaltung an den Punkten, zwischen denen gemessen wird. Je geringer der Meßstrom ist, um so besser, denn um so geringer ist die zusätzliche Belastung der Schaltung an einem solch empfindlichen Punkt. Einen hohen Innenwiderstand des Vielfachinstrumentes kann man auch als hohe Empfindlichkeit betrachten. Bei hoher Empfindlichkeit entzieht das Meßgerät der zu prüfenden Schaltung einen geringeren Strom; geringer ist demzufolge auch die Differenz zwischen dem angezeigten Spannungswert und der tatsächlichen Spannung, die vorher an diesem Meßpunkt vorhanden war.
Diesen Zusammenhang macht Bild 1 deutlich. Am Kollektor des Transistors T1 soll die Spannung gegen Masse gemessen werden. Übrigens beziehen sich alle Spannungsangaben, nicht nur der Spannungspläne in P.E., auf Masse, wenn nichts besonderes vermerkt ist. In der Kollektorleitung des Transistors liegt der Widerstand R1 mit dem Wert 100 Kilo-Ohm. Die Spannung am Kollektor beträgt +5 Volt gegen Masse (Null Volt). Der Transistor und sein Kollektorwiderstand bilden eine Reihenschaltung; der Kollektorstrom i1 in dieser Stufe erzeugt am Widerstand einen Spannungsabfall. Der Kollektoranschluß kann als Knotenpunkt eines Spannungsteilers aufgefaßt werden.

Schließt man nun die Meßklemmen des Vielfachinstrumentes an, so liegt die gemessene Spannung unter 5 Volt, weil nun außer dem Kollektorstrom i1 auch der Meßstrom i2 durch den Kollektorwiderstand fließt und einen zusätzlichen Spannungsabfall erzeugt. Wie groß dieser Strom ist, hängt von dem Innenwiderstand des Instrumentes ab. Hat

man ein Vielfachinstrument mit dem üblichen Innenwiderstand 20 Kilo-Ohm pro Volt (übliche Schreibweise: 20 kΩ/V), so hat dieses Gerät im Meßbereich 5 Volt - falls es zufällig mit diesem Meßbereich ausgestattet ist - den Innenwiderstand 100 Kilo-Ohm (je Volt 20 Kilo-Ohm macht bei 5 Volt 100 Kilo-Ohm).

Geht man zunächst davon aus, daß trotz der Belastung durch das Instrument die Spannung auf 5 Volt bleibt, so fließt ein zusätzlicher Strom i2 in Höhe von 10 Mikro-Ampere durch R1 (Ohmsches Gesetz). Dieser Strom erzeugt einen zusätzlichen Spannungsabfall von 5 Volt an R1. Die Spannung am Kollektor nimmt demnach auf jeden Fall ab; da jedoch gleichzeitig auch der Strom i2 abnimmt (den Innenwiderstand des Instrumentes speist nun eine geringere Spannung), stellt sich am Kollektor ein Wert zwischen 5 Volt und Null Volt ein. Wie groß der Spannungsrückgang am Kollektor tatsächlich ist, hängt u.a. vom Betrag der Speisespannung ab; der im Beispiel angegebene Rückgang um 2 Volt liegt jedoch durchaus im Bereich dessen, was man bei einer solchen hochohmigen Stufe zu erwarten hat.

Eine Messung, wie in Bild 1 angegeben, führt nicht nur zu einem völlig falschen Meßergebnis, sondern auch dazu, daß die Funktion dieser Transistorstufe empfindlich gestört wird; während das Meßergebnis zunächst darauf deutet, daß der gesuchte Schaltungsfehler bei T1 oder seiner Beschaltung ist, verursacht das Meßverfahren selbst einen neuen Fehler!

In den P.E.-Spannungsplänen werden solche empfindlichen Schaltungspunkte mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Übrigens kann man feststellen, ob ein Schal-

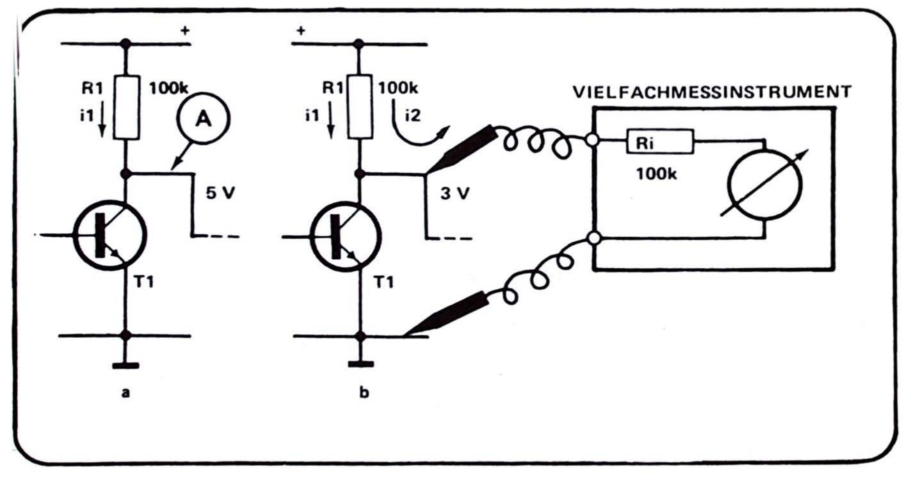


Bild 1. Spannungsmessung in einer Schaltung zur Überprüfung der Gleichspannungseinstellung. Wenn das Vielfachinstrument einen zu geringen Innenwiderstand hat bzw. die Schaltung zu hochohmig ist, führt die Differenz zwischen angezeigter und tatsächlicher Spannung leicht zu einer Fehlinterpretation.

tungspunkt so hochohmig ist, daß man mit dem vorhandenen Meßinstrument falsche Meßwerte erhält. Schaltet man nämlich von dem empfindlichsten Meßbereich (dies ist der Bereich, in dem der Skalen-Endwert nicht überschritten wird) auf den nächsten unempfindlicheren Bereich um, und weichen die beiden so erhaltenen Meßwerte stark voneinander ab, so ist erwiesen, daß der Innenwiderstand im empfindlicheren Bereich bereits so niedrig ist, daß er die Schaltung in unzulässiger Weise beeinflußt.

Dieses statische Meßverfahren ist also nicht der wahre Jakob, zumal es Fehler gibt, die sich nicht als Abweichung(en) der Gleichspannung an bestimmten Schaltungspunkten äußern. Ist z.B. ein Koppelkondensator in einer Verstärkerschaltung unterbrochen, so kommt kein Wechselspannungssignal durch; ein solcher Fehler äußert sich jedoch nicht durch eine fehlerhafte Gleichspannungseinstellung.

Ein besseres Fehlersuch- bzw. Prüfverfahren ist das dynamische; dabei speist man ein definiertes Signal in die Schaltung ein und verfolgt es Stufe für Stufe mit einem geeigneten Indikator. Der ideale Verfolger wäre ein Oszilloskop; aber auch ein akustischer Signalverfolger gibt wesentlich bessere Auskünfte über das Schaltungsverhalten als etwa ein Wechselspannungsmeßgerät.

ANFORDERUNGEN AN EINEN AKUSTISCHEN SIGNALGEBER/VERFOLGER

Da das von einem Oszillator stammende und in die zu untersuchende Schaltung eingespeiste Signal mit einem Verstärker mit angeschlossenem Lautsprecher verfolgt wird, muß die Frequenz des Generators im Hörbereich liegen. Eine zweite, wichtige Forderung lautet, daß das Meßsignal deutlich zu unterscheiden ist von anderen, in der fehlerhaften Schaltung eventuell vorhandenen Störsignalen, z.B. Brummen oder Rauschen. Man wählt deshalb einen „Meßton" mit der Frequenz 1 Kilohertz. Bei dieser Frequenz kommt aus dem Lautsprecher ein charakteristischer Ton, der mit Sicherheit zu unterscheiden ist von Brummen und Rauschen. Das vom Oszillator erzeugte Signal ist eine Rechteckspannung, diese hat Vorteile gegenüber einem Sinussignal, wenn sie zur Untersuchung von Verstärkerschaltungen mit einer Festfrequenz dient.

Die Ausgangsspannung des Gebers muß selbstverständlich in ihrer Amplitude einstellbar sein. Ein Potentiometer ist allerdings nicht ausreichend; zur Steuerung eines NF-Leistungsverstärkers sollte eine Signalamplitude von bis zu 1 Volt zur Verfügung stehen. Soll dagegen ein empfindlicher Mikrofonverstärker mit dem Gebersignal gespeist werden, so liegt die erforderliche Amplitude bei einigen Millivolt. Mit einem Potentiometer kann man zwar einen solch großen Spannungsbereich „durchfahren", doch ist die Einstellung der gewünschten Signalstärke dann sehr ungenau. Deshalb hat der Signal-Tracer einen Schalter, mit dem zunächst eine grobe Bereichseinstellung vorgenommen werden kann. In jedem der beiden Bereiche läßt sich dann mit dem Poti die Spannung zwischen Null und dem Bereichs-Endwert einstellen. Im kleineren Bereich, der zum Testen von Vorverstärkern vorgesehen ist, beträgt die Bereichsspannung 150 Millivolt. In Schalterstellung „x10" beträgt die maximale Ausgangsspannung 1,5 Volt; dieser Wert ist mit Sicherheit auch zur Steuerung der unempfindlichsten NF-Leistungsverstärker ausreichend.

Der Ausgang des Geber-Oszillators muß eine niedrige Impedanz haben. Bild 2 zeigt das Ersatzschaltbild des Oszillators. Zu der Signalquelle Us, deren Innenwiderstand mit Null angenommen wird, liegt der Innenwiderstand Ri in Reihe. Ist die Ausgangsspannung des Oszillators auf einen bestimmten Wert eingestellt, so darf bei der Herstellung der Verbindung mit der Testschaltung die Ausgangsspannung nicht zu-

sammenbrechen. Die Testschaltung belastet den Oszillator mit einem bestimmten Strom; dieser Strom erzeugt an dem Innenwiderstand Ri einen bestimmten Spannungsabfall. Um den Betrag dieser Spannung nimmt die Leerlaufspannung des unbelasteten Oszillators beim Anschließen der Testschaltung ab; dies gilt es zu vermeiden.

Deshalb ist es wichtig, den Innenwiderstand des Oszillators niedrig zu halten. Man spricht bei Oszillatoren gelegentlich auch von Ausgangsimpedanz.

Beim Signal-Tracer beträgt der Wert maximal 1 Kilo-Ohm; dieser Wert kann ohne weiteres als recht gut gelten.

Aber nicht nur an den Geberteil des Signal-Tracers, sondern auch an den unabhängigen Verfolgerteil sind bestimmte Anforderungen zu stellen. So muß z.B. der Verstärkungsfaktor des Gespanns Verstärker/Lautsprecher einstellbar sein, denn in der Praxis können Signale von ca. 100 Millivolt bis hinauf zu 10 Volt auftreten, die über den Lautsprecher hörbar zu machen sind, ohne daß der Verstärker übersteuert wird. In diesem Zusammenhang ist der Hinweis angebracht, daß die Lautstärkeunterschiede, die man beim Verfolgen an verschiedenen Schaltungspunkten feststellt, ein wichtiges Mittel bei der Fehlersuche bzw. Beurteilen des Schaltungsverhaltens darstellen. Wird der Verstärker übersteuert, so erzeugt er eine maximale Lautstärke. Ohne die Möglichkeit einer Lautstärke-Einstellung kann es passieren, daß die unterschiedlichen Signalspannungen an zwei verschiedenen Schaltungspunkten dieselbe Lautstärke erzeugen, so daß eine Fehlinterpretation wahrscheinlich ist.

Deshalb ist der Verstärkungsfaktor beim Signal-Tracer einstellbar, und zwar ebenfalls

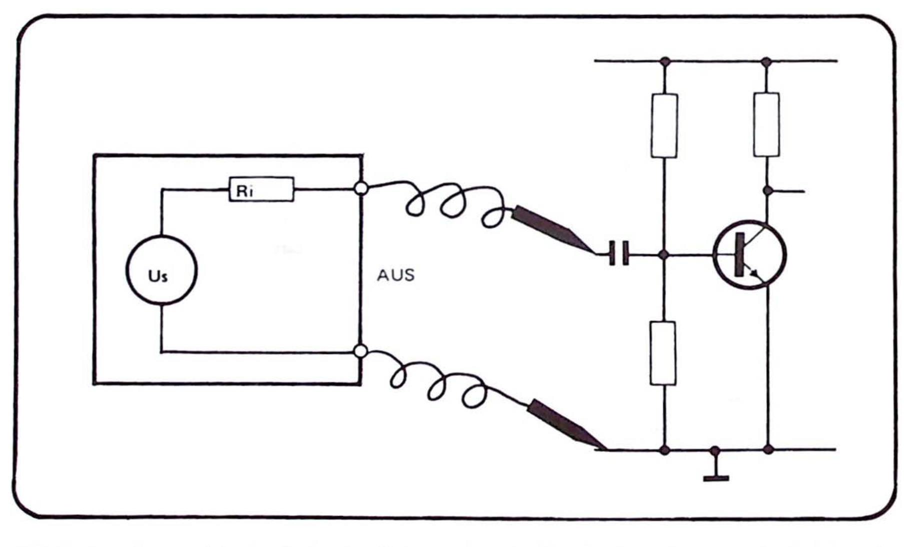


Bild 2. Der Innenwiderstand des Oszillators, der als Signalgeber dient, muß niedrig sein, damit die Oszillatorspannung an niederohmigen Testpunkten nicht zusammenbricht.

grob und fein, d.h. mit einem Schalter und einem Potentiometer. Auf der Frontplatte des Signal-Tracers, die u.a. auf dem Titelbild von Heft 6 gut zu sehen ist, sind die beiden Schalterstellungen für die Verstärkung (amplification) mit x1 und x10 markiert. Tatsächlich aber hat der Verstärkungsfaktor in der rechten Schalterstellung nicht den zehnfachen, sondern den 27fachen Betrag, wie die Berechnung auf Seite 19 oben in Heft 6 zeigt. Diese Diskrepanz entstand bei der Laborentwicklung des Signal-Tracers durch einen Kommunikationsfehler. Wer seine Frontplatte korrekt beschriften will, ersetzt den Faktor 10 durch die Zahl 27.

Der Verfolgerteil muß eine hohe Eingangsimpedanz haben, denn es darf nicht passieren, wie am Beispiel des Vielfachmeßinstrumentes gezeigt wurde, daß beim Anschließen eines Meß- oder Prüfgerätes die Schaltungsfunktion gestört wird. Beim Signal-Tracer beträgt die Eingangsimpedanz des Verfolgerteils 1 Meg-Ohm.

DAS OSZILLATORPRINZIP

Um die Schaltung des Signal-Tracers so einfach wie möglich zu halten, wurde ein Operationsverstärker von Typ 741, der bereits aus anderen Schaltungen in P.E. bekannt ist, auch hier wieder verwendet. Die Speisung der Schaltung erfolgt symmetrisch mit zwei Flachbatterien (+4,5 Volt und -4,5 Volt); damit entfallen einige zur Symmetrierung erforderliche Bauelemente, so daß die Schaltung in dieser Hinsicht einfach und unkompliziert ist.

Die Bilder 3 und 4 dienen zur Erläuterung des Prinzips, das es gestattet, mit einem Operationsverstärker (OpAmp) eine Rechteck-Spannung zu erzeugen. Am positiven Eingang des OpAmps liegt eine positive Spannung U2, sie hat einen festen Wert. Am negativen, invertierenden Eingang liegt eine einstellbare Gleichspannung U1, auch hier liegt der positive Pol der Spannungsquelle am Eingang des OpAmps.

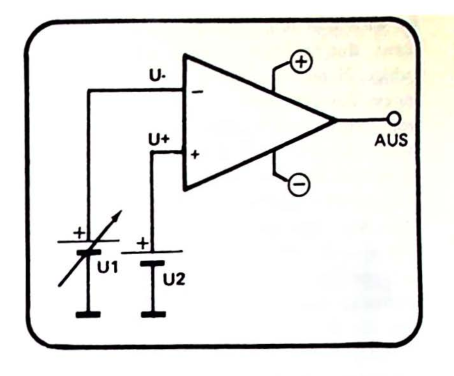


Bild 3. Dieses Experiment dient zur Erläuterung des Prinzips, wie mit einem OpAmp ein Rechteckgenerator aufgebaut werden kann.

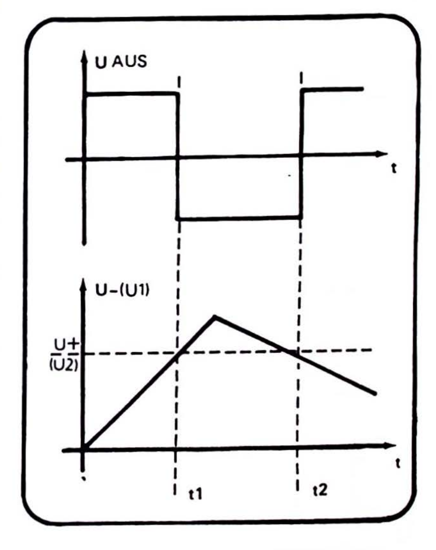


Bild 4. Die Spannungen am Ausgang und am invertierenden Eingang des OpAmps im zeitlichen Verlauf (zu Bild 3).

Es wird nun folgendes gedankliche Experiment durchgeführt: Einer, der eine sehr ruhige Hand hat, dreht sehr langsam an einem Potentiometer, das die Spannung U1, von Null Volt an beginnend, gleichmäßig erhöht. In der Graphik Bild 4 unten stellt der erste Teil der fett ausgezogenen Linie den Anstieg dieser Spannung dar.

Die Ausgangsspannung des OpAmps, in Bild 4 oben dargestellt, ist zu Beginn positiv. Dies erklärt sich wie folgt: Die Ausgangsspannung des OpAmps ist solange positiv, wie die Spannung am nichtinvertierenden Eingang (+) ein höheres Potential hat als die Spannung am invertierenden Eingang (-); oder, anders ausgedrückt: solange U+ (U2) positiver ist als U- (U1).

Zum Zeitpunkt t1 (Bild 4) ist die Spannung U- auf denselben Wert angestiegen, den die Spannung U+ am anderen Eingang des OpAmps hat. In diesem Augenblick wird die Ausgangsspannung negativ.

Solange die Spannung U- weiter ansteigt, ändert sich nichts. Deshalb läßt man diese Spannung nun langsam abnehmen. Zum Zeitpunkt t2 wird U- kleiner als die Festspannung U+; der OpAmp schaltet seinen Ausgang wider nach Plus.

Wie dieses Experiment zeigt, treten am Ausgang des OpAmps nur zwei Zustände auf: entweder ist die Spannung positiv (+Ub) oder sie ist negativ (-Ub). Das Umschalten erfolgt immer dann, wenn sich die Polarität der variablen Spannung in Bezug auf die Festspannung (!) ändert.

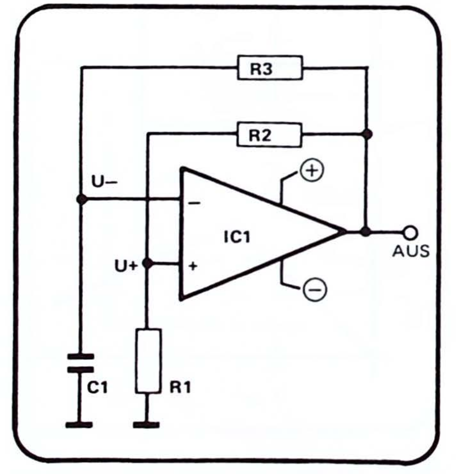


Bild 5. Ein Operationsverstärker, als Rechteckgenerator geschaltet.

Bild 5 zeigt den Rechteckgenerator mit seinen wesentlichen Bestandteilen, Bild 6 den zeitlichen Spannungsverlauf an den Schaltungspunkten des Generators. Der positive Eingang liegt am Knotenpunkt eines Spannungsteilers, der aus den Widerständen R1 und R2 besteht. Da R1 an Masse liegt, der „Hochpunkt" des Spannungsteilers am Ausgang, führt der Knotenpunkt immer eine Spannung, die der im Verhältnis der Widerstände R1/R2 heruntergeteilten Ausgangsspannung entspricht.

Der negative Eingang liegt ebenfalls an einem Spannungsteiler; dieser besteht aus einem Widerstand R3 und einem Kondensator C1. Ein Kondensator, der über einen Widerstand mit einer Spannungsquelle verbunden ist, lädt sich auf. Die Spannungsquelle ist in diesem Fall der Ausgang des OpAmps. Die Geschwindigkeit, mit der die Spannung am Kondensator ansteigt, hängt von seiner Kapazität und dem Widerstandswert, aber auch von der Höhe der Spannung ab, von der die RC-Kombination gespeist wird.

Zunächst sei eine Situation angenommen, bei der die Ausgangsspannung des OpAmps positiv ist, also den Betrag der positiven Speisespannung +Ub hat. Dann hat auch der positive Eingang ein positives Potential, da er seine Spannung über den Spannungsteiler R1/R2 vom Ausgang bekommt. Kondensator C1, der zunächst entladen ist, lädt sich nun langsam auf; dies zeigt die Graphik in Bild 6 unten. Solange die Kondensator-

spannung U- kleiner ist als die Spannung U+ am nichtinvertierenden Eingang, führt der Ausgang des OpAmps positives Potential, übereinstimmend mit der Aussage in Graphik in Bild 4. Die angenommene Anfangssituation mit der positiven Ausgangsspannung war somit nicht rein willkürlich gewählt.

Zum Zeitpunkt t1 hat die Spannung am Kondensator den Betrag U1 erreicht und damit den gleichen Betrag wie die Spannung am positiven Eingang. Die bekannte Folge: Der OpAmp schaltet seinen Ausgang auf negatives Potential (-Ub). Gleichzeitig wird über den Spannungsteiler R1/R2 auch die Spannung U+ am nichtinvertierenden Eingang negativ. Diese Spannung ist in Bild 6 mit U2 bezeichnet.

Der Kondensator entlädt sich über R3, denn am anderen Ende des Widerstandes ist die Spannung nun negativ. Die positive Spannung am Kondensator nimmt ab. Zum Zeitpunkt t2 hat diese Spannung den Betrag Null Volt, sie ist aber immer noch höher, als die Spannung am positiven Eingang, so daß zunächst noch nichts passiert. Erst wenn die Kondensatorspannung negativ wird und zum Zeitpunkt t3 den Wert U2 erreicht hat, den der positive Eingang seit dem Umschalten des OpAmps einnimmt, dann kippt die Schaltung erneut und die Ausgangsspannung geht wieder auf +Ub. Von diesem Moment an lädt sich der Kondensator wieder auf (genauer: Seine negative Ladung wird abgebaut), wie es in Bild 6 unten ab Zeitpunkt t3 kurz angedeutet ist. Seit t3 führt auch der positive Eingang des OpAmps wieder positives Potential (U1); sobald der Kondensator wieder auf diese Spannung geladen ist, kippt die Schaltung erneut.

Damit ist ein vollständiger Zyklus beschrieben; die Schaltung wiederholt nun den Zyklus immer wieder, bis man die Speisespannung abschaltet oder die Batterie leer ist.

Am Ausgang des OpAmps entsteht auf diese Weise eine Rechteckspannung; durch geeignete Bemessung der Bauteile kann man erreichen, daß die Mimik in jeder Sekunde 2000mal kippt, so daß die Frequenz der erzeugten Rechteck-Wechselspannung 1 Kilohertz beträgt.

Das Ausgangssignal des OpAmps wird nicht unmittelbar zum Ausgang des Geberteils im Signal-Tracers geführt, sondern über einen umschaltbaren Spannungsteiler, ein Potentiometer zur Einstellung der Ausgangsspannung und einen Koppelkondensator. Die

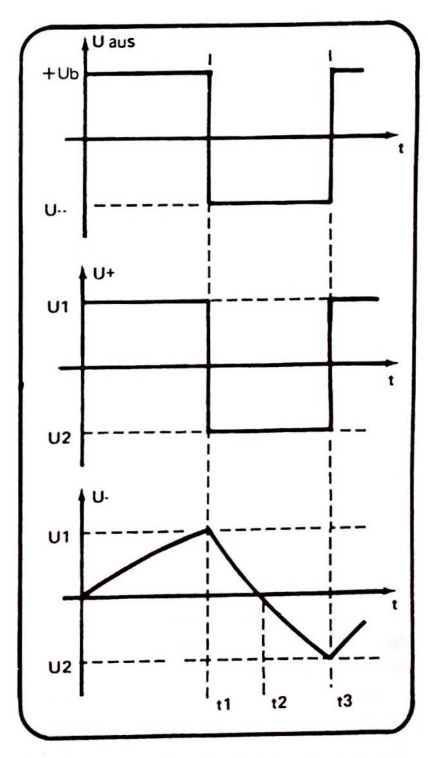


Bild 6. Der zeitliche Verlauf der Spannungen an den beiden Eingängen und am Ausgang des OpAmps in Bild 5.

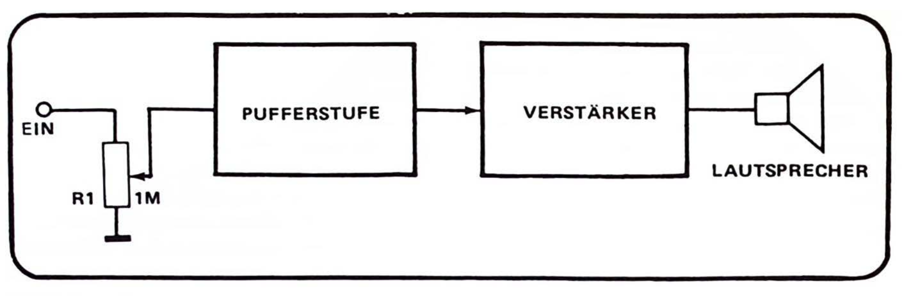


Bild 7. Blockbild des Verfolgerteils im Signal-Tracer. Das Poti am Eingang dient zur Einstellung der Verstärker-Empfindlichkeit.

vollständige Schaltung des Geberteils findet sich in Heft 6, Seite 17.

DAS VERSTÄRKERPRINZIP

Bild 7 zeigt die Funktionseinheiten des Verfolgerteils im Signal-Tracer. Auf ein Potentiometer im Eingang, das zur Einstellung der Verstärker-Empfindlichkeit dient, folgt eine Pufferstufe, die für eine ausreichend hohe Eingangsimpedanz sorgt. Der nachgeschaltete Verstärker steuert den Lautsprecher, der das Signal akustisch zur Anzeige bringt.

DIE PUFFERSTUFE

Das Potentiometer im Eingang des Verfolgers hat mit 1 Meg-Ohm einen ausreichend hohen Wert, so daß es in der Praxis nur selten vorkommt, daß ein zu untersuchender Schaltungspunkt in unzulässigem Maße belastet wird. Dies gilt nur dann, wenn auch die Schaltung hinter dem Poti sehr hochohmig ist, denn der Eingangswiderstand der nachfolgenden Schaltung liegt teilweise oder ganz parallel zu dem Poti R1 in Bild 7, nämlich zwischen dem Abgriff und Masse. Die Pufferstufe ist deshalb mit einem OpAmp aufgebaut. Die Beschaltung des OpAmps entspricht fast vollständig der Pufferstufe, wie sie im „Tremolo" Heft 6, Seite 32, angegeben ist.

Vergleicht man Bild 8 mit der Pufferstufe im Tremolo, so fällt - abgesehen von der unterschiedlichen Höhe der Speisespannung - als einziger Unterschied auf, daß dort anstelle eines Potentiometers zwei Festwiderstände als Spannungsteiler dienen, der ein festes Teilerverhältnis vorgibt, während das Verhältnis hier im Eingang der Pufferstufe variabel ist.

Aufgrund der vollständigen funktionellen Übereinstimmung wird hier auf eine nochmalige Besprechung verzichtet; es sei nur soviel gesagt, daß auch in der Pufferstufe des Signalverfolgers die Spannungsverstärkung den Betrag 1 hat; Aus- und Eingangsspannung haben also dieselbe Amplitude.

DER VERSTÄRKER

Was Bild 9 zeigt ist ein Verstärker mit sogenannter „komplementärer" Endstufe. Dieses Prinzip wird auch in „besseren" NF-Leistungs-Verstärkern angewendet. Für den vorliegenden Zweck ist diese Schaltung zwar qualitativ zu gut, jedoch sind Verstärker mit diesem Konzept relativ nachbausicher, weil - dank der Verwendung eines OpAmps für die

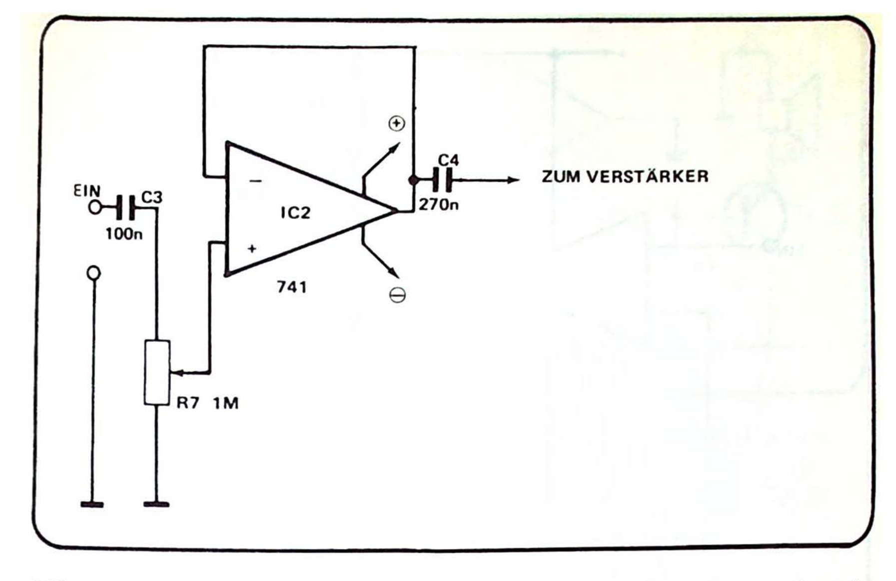


Bild 8. Die Pufferstufe hat eine hohe Eingangsimpedanz, ihre Spannungsverstärkung ist genau 1 (Null dB).

IN DER NÄCHSTEN AUSGABE: DER SIGNAL-TRACER IN DER PRAXIS

In den Signal-Tracer wurde viel Entwicklungsarbeit investiert, um diesem sehr nützlichen Prüfgerät möglichst viel Nachbausicherheit mit auf den Weg zu geben. In dem Maße aber, in dem ein Gerät nützlich sein kann, muß auch der Umgang mit ihm richtig erfolgen, damit das Gerät seinen Zweck voll erfüllt.

Deshalb wurde eine Art „Testprogramm" entwickelt; die ursprüngliche Idee, den Einsatz des Signal-Tracers an bereits veröffentlichten P.E.-Schaltungen als Testobjekten zu demonstrieren, wurde fallengelassen, in der (hoffentlich berechtigten) Erwartung, daß die weitaus meisten Nachbauten keine Fehler aufweisen.

Da der Signal-Tracer nicht dazu dienen soll, anhand eines richtig funktionierenden Gerätes den Nachweis zu führen, daß auch alle Funktionseinheiten dieses Gerätes richtig funktionieren, dient eine mit Fehlern präparierte Schaltung als Untersuchungsobjekt. Der Objektträger ist ein Mikro-Experimentier-Print.

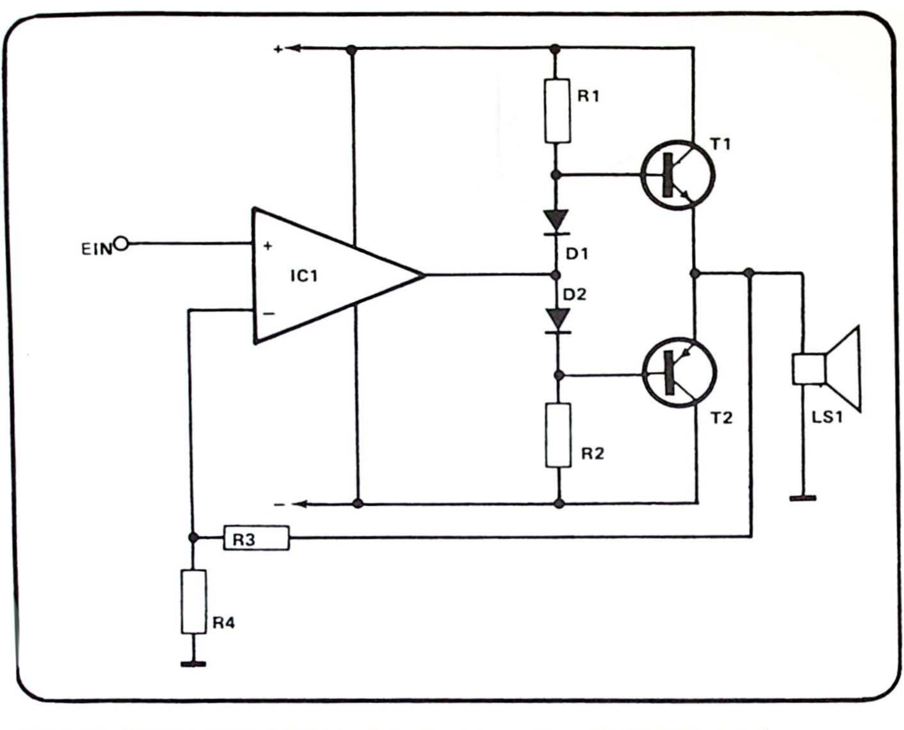


Bild 9. Das Prinzip des Verstärkers mit der komplementären NPN/PNP-Endstufe.

Spannungsverstärkung - der Gesamtaufwand an Bauelementen gering ist, so daß es wenig Lötstellen und wenige potentielle Fehlerquellen gibt.
Der Verstärker hat zwei Aufgaben: Er muß die Spannung am Eingang zunächst in ausreichendem Maße verstärken, danach muß er die Signalspannung in einen Strom umsetzen, der den Lautsprecher treibt. Die Schaltung in Bild 9 erfüllt beide Aufgaben, und es läßt sich auch ein deutlicher Trennungsstrich zwischen den beiden Funktionsgruppen ziehen: Der OpAmp zeichnet verantwortlich für die Spannungsverstärkung; die beiden Endtransistoren erzeugen die erforderliche Stromverstärkung. Die Wirkungsweise der komplementären Endstufe mit einem PNP- und einem NPN- Leistungstransistor läßt sich am besten verstehen, wenn die Stufe vorübergehend in zwei Teilschaltungen zerlegt wird, wie in Bild 10 geschehen. Die Endstufe ist nichts anderes als ein Kombination von zwei Emitterfolgern. Ein Emitterfolger hat die Eigenschaft, daß er eine Spannung an

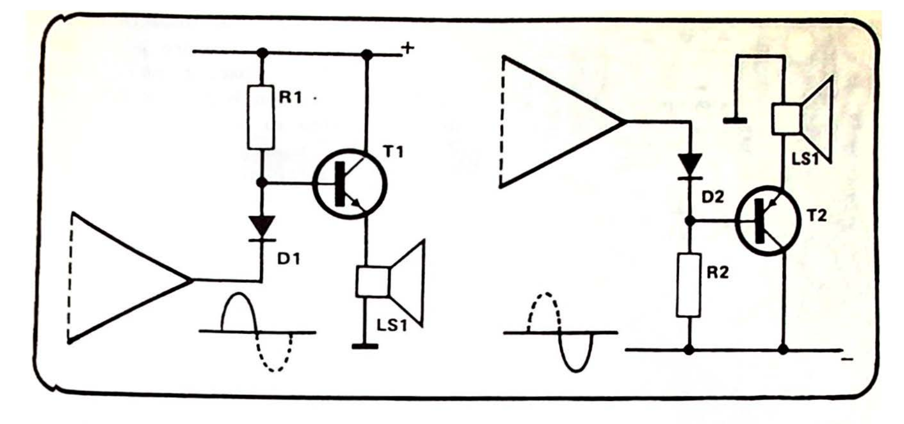


Bild 10. Die komplementäre Endstufe des Verstärkers, in ihre beiden Hälften zerlegt, erweist sich als Kombination von zwei Emitterfolgern.

seiner Basis in einen proportionalen Strom umwandelt, der durch den Emitterwiderstand - in diesem Fall ist das der Lautsprecher - fließt. Der in Bild 10 links dargestellte Teil der Endstufe tritt bei positiven Halbwellen des Wechselspannungssignals in Funktion.

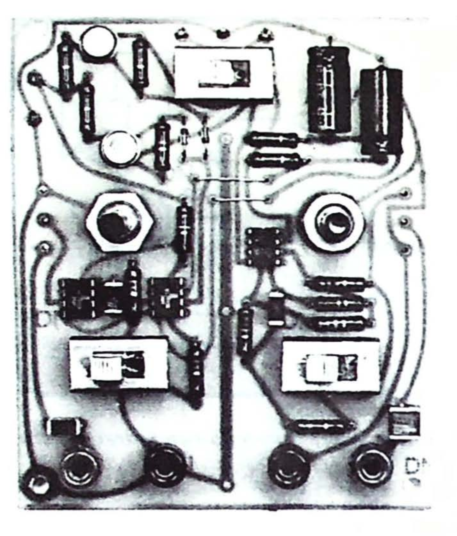
Ist die Ausgangsspannung des OpAmps gerade positiv, so fließt ein Strom vom Pluspol der Speisespannung durch T1 und den Lautsprecher nach Masse. Ist dagegen das Signal negativ, so fließt ein Strom vom negativen Pol der Speisespannung durch T2 und den Lautsprecher nach Masse (Bild 10 rechts).

Anhand von Bild 9 werden einige Feinheiten der Schaltung erklärt.

Zunächst zu den beiden Dioden D1 und D2. Denkt man sich die Dioden weg und nimmt an, daß die beiden Basisanschlüsse der Transistoren unmittelbar am Ausgang des OpAmps liegen, so muß z.B. die positive Halbwelle eine Amplitude von mindestens +0,7 Volt haben, damit vom Ausgang des ICs über die Basis, den Emitter und den Lautsprecher der Steuerstrom für den Transistor T1 nach Masse fließen kann. Die Basis/Emitter-Strecke hat eine Schwellenspannung von +0,7 Volt; solange diese Spannung nicht erreicht und überschritten wird, leitet der Transistor nicht. Dasselbe gilt für das Komplement der Schaltung: Solange die Ausgangsspannung des OpAmps nicht negativer als -0,7 Volt ist, kann kein Steuerstrom durch die Basis/Emitter-Strecke von T2 über den Lautsprecher nach Masse fließen.

Ohne geeignete Maßnahmen würde eine solche Schaltung das Signal stark verzerren, bzw., bei Signalamplituden unter 0,7 Volt am Ausgang des OpAmps käme überhaupt nichts aus dem Lautsprecher.

Abhilfe schafft eine Vorspannungserzeugung für die beiden Endtransistoren. Dazu dienen die beiden Dioden sowie die Widerstände R1 und R2. Vom Pluspol fließt über R1, D1, D2, R2 ein Strom nach Masse. An jeder der



beiden Dioden entsteht ein Spannungsabfall von 0,7 Volt; so kommt es, daß die Basis von T1 im Ruhezustand ohne Steuersignal bereits auf einer Spannung von +0,7 Volt gegen Masse liegt; ein kleines Steuersignal reicht also bereits dazu aus, einen Strom durch den Transistor zu treiben. Für den unteren, komplementären Teil gilt sinngemäß dasselbe.

Zwar werden bei dieser Gleichspannungseinstellung der Endstufe die beiden Transistoren bei sehr kleinen Steuersignalen im „krummen" Anlaufgebiet, im sogenannten Knick der Steuerkennlinie betrieben, jedoch werden die Verzerrungen, die in dieser Betriebsart entstehen, größenteils durch Gegenkopplung wieder beseitigt. Die Gegenkopplung führt vom Lautsprecherausgang des Verstärkers zurück zum invertierenden Eingang des OpAmps. Es wird selbstverständlich nicht das gesamte Signal des Ausgangs zurückgeführt, sonst hätte die Schaltung keine Spannungsverstärkung. Der Spannungsteiler aus R3 und R4 bestimmt, wie groß der Anteil des zurückgeführten Signals ist.

Der OpAmp stellt seine Ausgangsspannung so ein, daß zwischen seinen beiden Eingängen die Differenzspannung praktisch Null ist. Wenn die beiden Widerstände R3/R4 in ihrem Verhältnis so bemessen sind, daß ein Zehntel der Ausgangsspannung am invertierenden Eingang ansteht, dann hat die Schaltung eine zehnfache Spannungsverstärkung.

Da im Gegenkopplungspfad kein Trennkondensator liegt, ist die Gegenkopplung auch für die Gleichspannungseinstellung der Schaltung wirksam. Dies hat u.a. den Vorteil, daß im Ruhezustand die Spannung am heißen Ende des Lautsprechers (Verstärkerausgang) ebenfalls exakt Null ist (das kalte Ende liegt ja an Masse); damit ist gewährleistet, daß kein Gleichstrom durch den Lautsprecher fließt. Der Lautsprecher kann gleichmäßig nach beiden Richtungen ausgesteuert werden.

Die Pufferstufe und der Verstärker sind über einen Kondensator C4 gekoppelt (Gesamtschaltbild des Verfolgerteils Seite 18, Heft 6). Eine direkte Kopplung ist nicht möglich, obwohl der Ausgang des OpAmps IC2 „offiziell" auf Null liegt, der positive Eingang von IC3 ebenfalls. Bei einigen Operationsverstärkern kommt es vor, daß am Ausgang eine Gleichspannung auftritt, deren Wert von der Einstellung des Potentiometers R7 abhängt. Die sogenannte Offsetspannung ist eine typische (unerwünschte) Eigenschaft von OpAmps, und ein einzelnes Exemplar ist mehr oder weniger mit diesem Makel behaftet. In der vorliegenden Schaltung wird der Offsetspannung nicht mit speziellen Maßnahmen entgegengewirkt; dieses wäre mit nicht allzu viel Aufwand durchaus möglich. Die einfachste Lösungs des Problems ist im vorliegenden Fall die gleichspannungsmäßige Trennung zwischen dem Ausgang von IC2 und dem positiven Eingang von IC3.



KLEINANZEIGEN

Ab sofort können auch Kleinanzeigen in POPULÄRE ELEKTRONIK aufgenommen werden. Die Plazierung erfolgt nach Vorauszahlung des Betrages auf unser Postscheckkonto Köln, Nr. 29 57 90-507, DERPE-Verlag.
Der Zeilenpreis beträgt DM 5,– inkl. MwSt. Eine Zeile umfaßt ca. 21 Zeichen und Buchstaben (inkl. Zwischenräume)
Wichtig! In die Rubrik "Kleinanzeigen" werden nur private Anzeigen aufgenommen.



IHR SCHALTUNGSWUNSCH IM P.E.-PROGRAMM!

P.E. praktiziert Mitbestimmung für aktive Elektronik-Hobbyisten. Wie funktioniert das?
Sie können eine Postkarte einsenden. Auf der Rückseite tragen Sie fünf Schaltungswunsche ein. Freimachen und abschicken – das ist alles.

In P.E.'s Hitparade "TOP TWEN" werden die 20 meistgenannten Schaltungen aufgeführt. Damit setzt sich die Redaktion selbst in Zugzwang und muß dafür sorgen, daß die Hits schnellstmöglich kommen!
Die eingesandten Schaltungsvorschläge werden in der Reihenfolge ihrer Nennung mit 5, 4, 3, Punkten usw. bewertet.
Da die vorliegende Ausgabe keinen Beitrag aus der letzten Hitliste enthält und die Reihenfolge auf den ersten 10 Plätzen unverändert ist, entfällt die sonst an dieser Stelle veröffentlichte Hitliste. Statt dessen folgt hier eine Aufstellung der Schaltungen, die bereits für eine Veröffentlichung vorgesehen sind. Selbstverständlich können Sie auch andere, in der Aufstellung nicht genannte Schaltungen in die Hitparade-Karte eintragen. Der bisherige Tophit, die Superspannungsquelle, wird in der nächsten Ausgabe veröffentlicht.
Übrigens werden demnächst – einem vielfach geäußerten Leserwunsch entsprechend – jeweils die ersten 20 Plätze der Hitparade veröffentlicht.

Lichtdimmer – Spannungslupe (Vorsetzer für Vielfachmeßinstrumente) – Ultraschall-Einbruchalarm – Black-Box-Verstärker (NF-Endverstärker mit IC) – Anti-Lichtorgel – P.E.-Bamby (Miniverstärker) – Rauschfilter in Modultechnik – H.E.L.P. (Handliche Edukative Labor-Platine) – Schwesterblitz – Power-Blink-Zentrale – Scheibenwischerautomat – Syndiatape (Bildsynchrone Diavertonung) – Umformer für Leuchtstofflampe – Peace-maker (Zahl- oder-Adler-Zufallsgenerator) –Lichtorgel (modularer Aufbau ermöglicht beliebige Kanalzahl) – L.E.D.S. (Lampenkontrollschaltung) – Black-Box-Vorverstärker – Regensonde – Ladegerät für NiCd-Akkus – Mischmodul – Klangregelmodul – Sinusgenerator (als erstes der Serie "P.E.-Meßmoduln") – Miniuhr mit Maxidisplay – P.E.-LEX (Wörterbuch der Populären Elektronik) – Kombi-Vorverstärker MD/Mikro – Goliath-Display (35 mm Zifferhöhe mit Einzel-LEDs, inkl. Zähler, Zwischenspeicher und Dekoder) – Logic-Probe (Feststellung des logischen Zustandes in TTL-Schaltungen).

SECUTRONIC Udo Voit Ing. grad.
Elektronik-Versand: Postfach 694 5300 Bonn Bad Godesberg

BAUSÄTZE NACH P.E.

Aus PE-Heft 1:

FBI-Sirene
sämtliche Bauteile einschl. Lautsprecher 1W/ 8 Ohm sowie Befestigungsmaterial, ohne Gehäuse nur . . . **DM 13,90**
PE-Platine . . . **DM 4,35**

Elektro-Toto-Würfel
sämtliche Bauelemente einschl. IC-Fassungen ohne Gehäuse nur . . . **DM 17,80**
Teko P/2 Gehäuse . . . **DM 4,20**
Frontplatte dazu bedr. + gebohrt . **DM 11,90**
PE Platine . . . **DM 6,60**

PE-Transitest
Bauteilesatz mit IC-Fassung und 4,5V Batterie ohne Gehäuse . . . **DM 13,80**
Teko P/2 Gehäuse . . . **DM 4,20**
bedr. und gebohrte Frontplatte . **DM 11,90**
PE-Platine . . . **DM 6,75**

Aus PE-Heft 2:

Carbophon
sämtliche Bauteile einschl. Lautsprecher + Schieberegler o. Gehäuse . . . **DM 24,90**
PE Platine . . . **DM 6,30**
passendes Gehäuse . . . **DM 5,80**

Spannungsquelle
alle Bauteile einschl. Trafo Stufenschalter + Kühlkörper ohne Gehäuse . . . **DM 40,90**
Teko P/3 Gehäuse . . . **DM 5,85**
Frontplatte dazu (bedr. und gebohrt) **DM 15,90**
PE Platine . . . **DM 11,60**

PE-Testy
sämtliche Bauelemente lt. Stückliste in PE mit Gehäuse . . . **DM 7,95**
dazu passende Frontplatte mit Drück und Bohrungen . . . **DM 11,90**

Aus PE-Heft 3:

Die Totale Uhr
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 3 **DM 87,50**
PE Platine DK-a/b . . . **DM 19,60**
Gehäuse Teko Typ 333 . . . **DM 10,65**
Frontplatte gebohrt und bedr. + Rückplatte **DM 22,00**

Die Kassette im Auto
Kompletter Bausatz . . . **DM 10,15**

Aus PE-Heft 4:

Code Schloß
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 4 **DM 21,60**
PE-Platine ES-a . . . **DM 7,15**

Aus PE-Heft 5:

Minimix
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 5 **DM 39,90**
PE-Platine MM-a . . . **DM 12,90**
Teko 334 . . . **DM 13,20**

Puffi
Bauteilsortiment lt. Stückliste in PE 5 **DM 3,70**
PE-Platine BU-a . . . **DM 6,40**
Gehäuse P/1 . . . **DM 3,00**

Aus PE-Heft 6:

TV-Tonkoppler
Bauteilsortiment . . . **DM 29,90**
Platine . . . **DM 12,55**
Gehäuse Typ 333 . . . **DM 10,65**

Signal-Tracer
Bauteilsortiment incl. IC-Fassungen **DM 24,90**
PE-Platine . . . **DM 13,85**
Gehäuse P/4 . . . **DM 10,75**

Modulserie:

50-Watt-Verstärker
Bauteilsortiment incl. Netzteil lt. Stückliste in PE 3 . . . **DM 109,00**
PE-Platine PA-a **DM 10,95**
Frontplatte für 19" Gehäuse
FP-PA-a . . . **DM 11,15**
(Swarze Schrift auf eloxiertem Aluminium)
FN-PA-a **DM 11,15**
Moderner Stil schwarze Fläche mit Silberschrift

LED-VU-Meter
Bauteilesortiment lt. Stückliste in PE 4 **DM 23,50**
PE-Platine . . **DM 9,35**
Frontplatte für 19" Gehäuse.
FP-VU-a . . . **DM 11,65**
(Swarze Schrift auf eloxiertem Aluminium)
FN-VU-a . . . **DM 11,65**
Moderner Stil: schwarze Fläche mit Silberschrift.

Tremolo
Bauteilsort. lt. Stückliste in PE 5 . . . **DM 43,50**
PE-Platine . . . **DM 13,85**
Frontplatte für 19" Gehäuse
FP-TR-a . . . **DM 15,35**
(Swarze Schrift auf eloxiertem Aluminium)
FN-TR-a . . . **DM 15,35**
Moderner Stil: schwarze Fläche mit Silberschrift.
Durch Ergänzung lt. PE 6 zum elektronischen Lesley ausbaufähig.

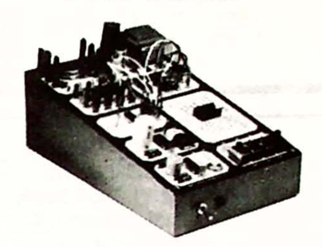
Lesley
Platine einschl. Baut. **DM 8,40**
Platine einzeln **DM 6,35**
Frontplatte schwarz/silb. Schrift . . **DM 9,00**
Frontplatte silber/schw. Schrift . . . **DM 9,00**



NEU

Basisbreite
Bauteile . . . **DM 22,65**
Platine . . . **DM 9,10**
Frontplatte FP oder FN je . . . **DM 12,85**

NEU TTL-Trainer NEU



Neuheiten ca. Ende September lieferbar

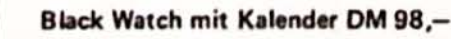
Bauteilsortiment . . . **DM 54,00**
einschließlich Trafo, IC-Fassungen + Lötnagel
Platine orig. PE . . . **DM 29,00**
Gehäuse Teko P/4 . . . **DM 10,75**

Jetzt auch Ladenverkauf:

ehs electronic-hobby-shop
Kaiserstr. 20, 5300 Bonn 1
Telefon 0 22 21/63 99 90



Folgende Funktionen: 4 Grundrechenarten, %-Automatik, 1:X, u.a.m. 5 Funktionsspeicher. Ausf. Montage- und Bauanleitung
Nur **DM. 79,00 zuzügl. DM 3,00** für Porto und Verpackung.


Black Watch mit Kalender DM 98,–



5 Funktionen: Std. – Min. – Sek. – Datum – Wochentag, betrieben mit zwei Knopfzellen – leicht auswechselbar. Kalender programmiert auf 4 Jahre. Gr. 50 x 28 x 8 mm m. schwarz. Metall-Gliederarmband. 1 Jahr Garantie





ELEKTRONIK

FACHGESCHÄFT für elektronische Bauelemente

Besuchen Sie uns oder bestellen Sie ab DM 30,-- per Nachnahme. Wir halten ein großes Qualitäts-Sortiment, welches ständig erweitert wird, für Sie bereit!

LADENGESCHÄFT und Versandanschrift:

HW ELEKTRONIK
Eimsbütteler Chaussee 79
2000 Hamburg 19
Pschk. Hamb. 218 62-205

TELEFON: 439 68 48
(nach Geschäftsschluß meldet sich unser telefon. Anrufbeantworter)

ELEKTRONIKLADEN AM MEHRINGENPLATZ

Mehringenplatz 13, 1000 Berlin 61
(am U-Bahnhof Hallesches Tor)

Elektronik und Elektrotechnik
für Hobby, Handel und Industrie

Sommer-Ladenöffnungszeit:
13,30 bis 18,30, Sa. 10,00 bis 13,00

TOP-BAUSATZE
(alle mit Platine und Ruckgaberecht) Netzgerat 0-25V/2A **65,–** inkl. gestanztes Metallgehause, Trafo, Drehspulmeßw., Buchsen, Knopfe usw. einmalige kompletter Bausatz. Platinenbohrmaschine **10,–** (6V/3A Spannzangenbohrfutter); Lotpakket: 1 Feinlotkolben 30W und 1 Lotzinnabzauger und 1 P. Lotzinn **30,–** Platinen-Sofortdienst! Herstellung innerhalb 15 Min. nach jeder Art von Vorlagen. Handler Platinensofortdienstliste anfordern! Nachnahmesofortversand, Ausland nur Vorkasse-Vorausrechnung.
Siefers Electronic-Shop,
Johannisstr. 6/8,
6430 Bad Hersfeld

Fast Geschenkt
erhalten Sie unsere Lichtsteuergeräte. Superpreise für: Lichtorgeln, Lauflichter, Dimmer, Stroboskope usw. Fertiggeräte, Bausteine, Bausätze, Bauteile. Verkauf nur an Händler. Unbedingt Preisliste anfordern!!!

HÄNSEL electronic
Rather Str. 62a,
4150 Krefeld 1
Tel.02151/560587

---

abersfelder -Qualitätsbausätze

Digital-Timer DT 77



Alle Bausätze mit ausführlicher Bauanleitung.

Digitalprogrammierbarer Zeitschalter für universelle Anwendung, besonders für Foto-Vergrößerungsgeräte. Hohe Zeitkonstanz, bequeme und genaue Einstellung. Unterbrechen des Timingvorganges möglich.

Technische Daten:
Betriebsspannung: 220 V, Zeitbereich: 0,1 bis 990 Sekunden, Schaltleistung: 220 V / 3 A

Bausatz: DM **159,–** Fertiggerät: DM **209,–**

Licht-Orgel 3-Kanal mit 3 Strahlern

Eine Lichtorgel als kompaktes Gerät zum direkten Anschluß an Ihre Musik- oder Verstärkeranlage. Die Gehäuse aus mattschwarzem Kunststoff sind einzeln zu einer Einheit steckbar, ausgerüstet mit 60 Watt farbigen, verspiegelten Strahlern. Jeder Kanal ist mit 300 Watt belastbar. Ideal als mobile Lichtorgel von Party zu Party.

DM **139,50**

Labornetzgerät PS 77

Leistungsfähiges Netzgerät in robustem Kunststoffgehäuse. Dauerkurzschlußfest durch kontinuierlich einstellbare Strombegrenzung. Anzeige durch LED. Temperaturstabile Spannung von 0 bis 20 Volt einstellbar.

Technische Daten:
Ausgangsspannung: 0 – 20 V, Brumm/Rauschen: 1 m Veff typ., Spannungsnachgiebigkeit: 10 mV typ. bei 20 V/Δ I 1 A, Strombegrenzung: 0,01 – 1 A

Bausatz: DM **99,95**
Fertiggerät: DM **139,50**

NEU

Klatschschalter

Betriebsspannung: 9 – 12 Volt
Dieser Bausatz ermöglicht den Aufbau eines elektronischen Schalters mit Pfiff. Durch Händeklatschen oder pfeifen schalten Sie Lampen oder Geräte ein und aus.

Bausatz: DM **45,–**

Schaltleistung 600 Watt / 220 V Wechselstrom.

20 Watt IC-Endstufe PE 20

Problemlose 20-W-Endstufe ohne Ruhestromeinstellung

Bausatz: DM **34,90** Fertiggerät: DM **43,90**

Weiterhin liefern wir die bekannten Elektor-Bausätze

abersfelder-electronic

Lohrhaupter Straße 27, ☎ 06059-515
6485 Jossgrund-Pfaffenhausen

Electronic-Handbuch

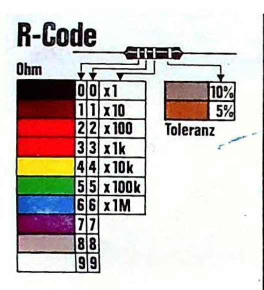




Ein unentbehrliches Nachschlagewerk für Bastler, Industrie und Handel (mit GH-Liste). Ca. 16 000 Artikel auf 250 Seiten. NUR auf dem Versandwege erhältlich.
Preis DM **5,50**
+ Versandkosten bei Vorauskasse DM **7,10**

Inserenten-Verzeichnis

Abersfelder ... 92
Bausatzelektronik ... 86
Dr. Böhm ... 9
Christiani ... 86
Derpe ... 9, 86, 87, IV
Dewo ... 9
Elektronikladen am Mehringenpl. ... 92
Hänsel ... 92
Heck + Bestellkarte ... 6
Hobby-Hülsken ... 9
Holzhauer ... 93
HW-Elektronik ... 92
Inducontor ... 9, 87
ISF ... 86
Kleinanzeigen ... 86
Krogloth ... 9
Lindy ... 87
Minninger ... III
PEPS ... 94
Queck ... 94
Salhöfer ... II
Scheicher ... 85
Schubert ... 4, 5
Secutronic + Bestellkarte ... 91
Siefer ... 92
Weberfunk ... 9
Wolter ... 10
Wynen ... 85
Zimmermann ... 94



DERPE-VERLAG-GMBH ● Postfach 1366 ● 5063 Overath
Postvertriebsstück -G 4460 FX- Gebühr bezahlt

